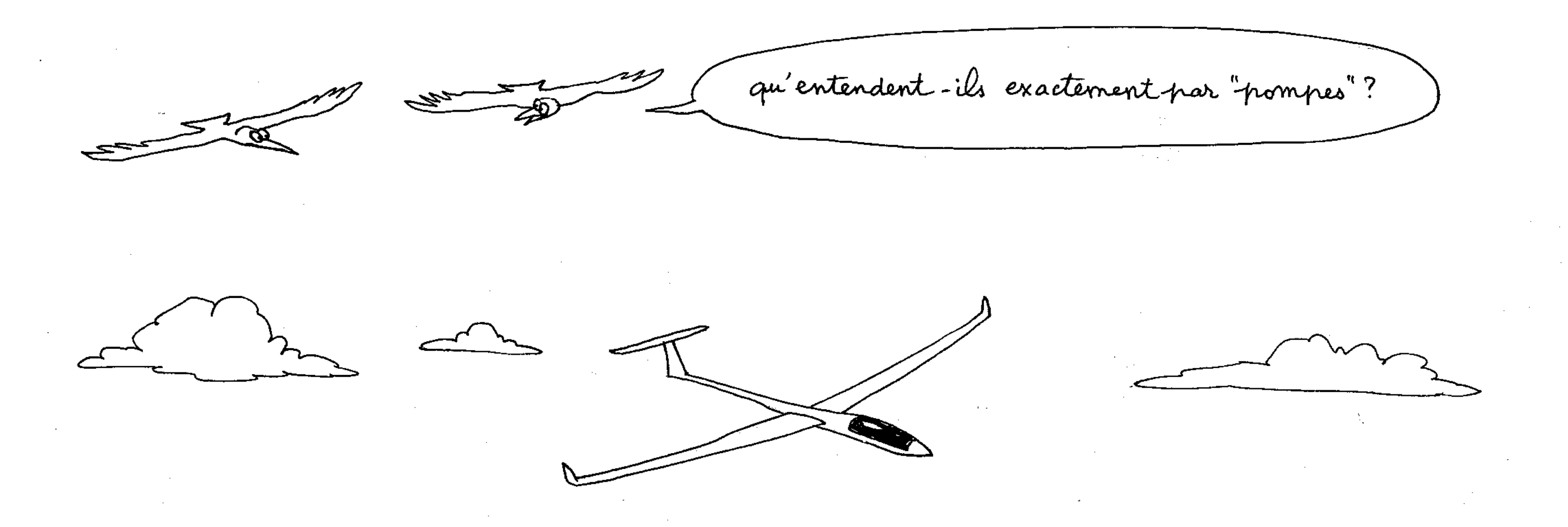
http://savoir-sans-frontieres.com



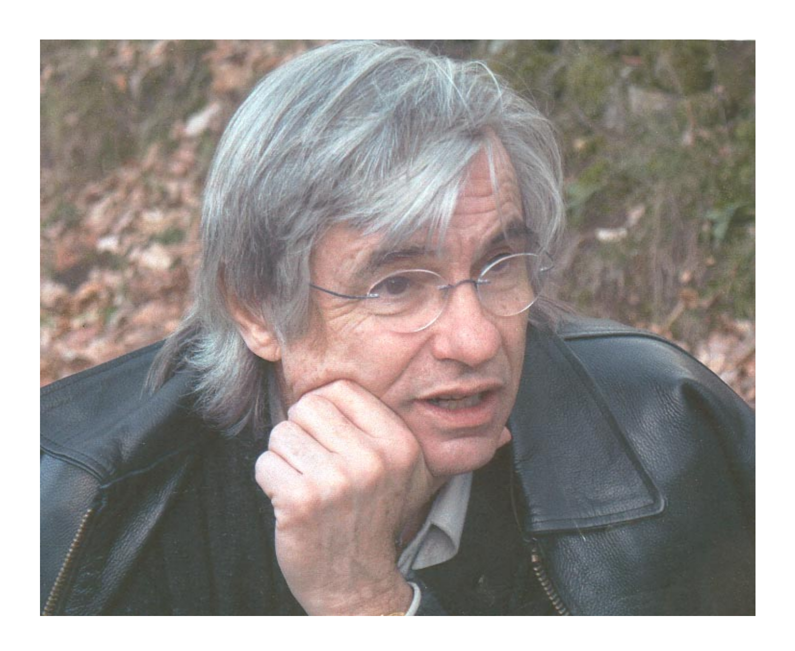
Jean-Pierre Petit

MÉCAVOL

2008

Savoir sans Frontières

Association Loi de 1901



Jean-Pierre Petit, Président de l'Association

Ancien Directeur de Recherche au Cnrs, astrophysicien, créateur d'un genre nouveau : la Bande Dessinée Scientifique. Crée en 2005 avec son ami Gilles d'Agostini l'association Savoir sans Frontières qui s'est donnée pour but de distribuer gratuitement le savoir, y compris le savoir scientifique et technique à travers le monde. L'association, qui fonctionne grâce à des dons, rétribue des traducteurs à hauteur de 150 euros (en 2007) en prenant à sa charge les frais d'encaissement bancaire. De nombreux traducteurs accroissent chaque jour le nombre d'albums traduits (en 2007 : 200 albums gratuitement téléchargeables, en 28 langues, dont le Laotien et le Rwandais).
Le présent fichier pdf peut être librement dupliqué et reproduit, en tout ou en partie, utilisé par les enseignants dans leurs cours à conditions que ces opérations ne se prêtent pas à des activités lucratives. Il peut être mis dans les bibliothèques municipales, scolaires et universitaires, soit sous forme imprimée, soit dans des réseaux de type Intranet.
L'auteur a entrepris de compléter cette collection par des albums plus simples d'abord (niveau 12 ans). Egalement en cours d'élaboration : des albums « parlants » pour analphabètes et « bilingues » pour apprendre des langues à partir de sa langue d'origine.
L'association recherche sans cesse de nouveaux traducteurs vers des langues qui doivent être leur langue maternelle, possédant les compétences techniques qui les rendent aptes à produire de bonne traductions des albums abordés.

Pour contacter l'association, voir sur la homepage de son site

http://www.savoir-sans-frontieres.com

Coordonnées bancaires France ➔ Relevé d'Identité Bancaire (RIB) :

Etablissement	Quichet	N° de Compte	Cle RIB
20041	01008	1822226V029	88

Domiciliation : La banque postale
Centre de Marseille
13900 Marseille CEDEX 20
France

For other countries ➔ International Bank Account Number (IBAN) :

IBAN
FR 16 20041 01008 1822226V029 88

and ➔ Bank Identifier Code (BIC) :

BIC
PSSTFRPPMAR

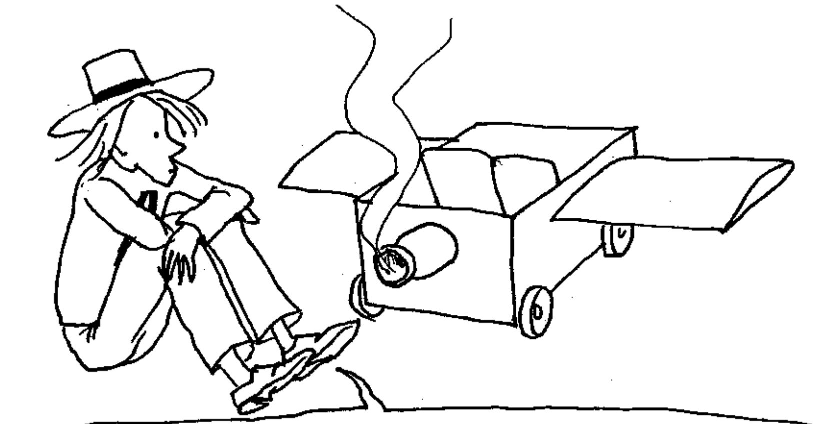
Les statuts de l'association (en français) sont accessibles sur son site. La comptabilité y est accessible en ligne, en temps réel. L'association ne prélève sur ces dons aucune somme, en dehors des frais de transfert bancaire, de manière que les sommes versées aux traducteurs soient nettes.

L'association ne salarie aucun de ses membres, qui sont tous des bénévoles. Ceux-ci assument eux-mêmes les frais de fonctionnement, en particulier de gestion du site, qui ne sont pas supportés par l'association.

Ainsi, vous pourrez être assurés, dans cette sorte « d'œuvre humanitaire culturelle » que quelle que soit la somme que vous donniez, elle sera *intégralement* consacrée à rétribue les traducteurs.

Nous mettons en ligne en moyenne une dizaine de nouvelles traductions par mois.

LE VOL PLANÉ



la propulsion par fusée, c'est quand même compliqué, polluant et tout. En attendant que j'aie un autre système de motorisation comment pourrais-je tenir en l'air ?



pourquoi pas en utilisant la gravité

la force de gravité ? Mais ça n'est pas un **MOTEUR** ? Quand je jette un caillou, il tombe, c'est tout. On ne peut pas appeler ça voler

tu n'es pas obligé de tomber comme une pierre. En **PLANANT** tu peux descendre en prenant ton temps

qu'entends-tu par **PLANER** ?



F : FORCE AÉRODYNAMIQUE

V_h : VITESSE HORIZONTALE

V

trajectoire

P : POIDS

V : VITESSE

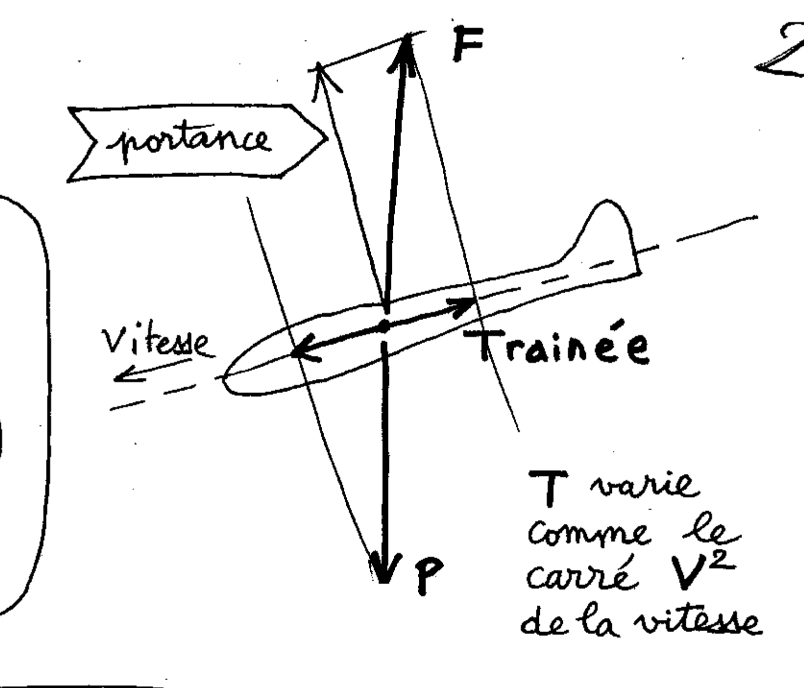
V_z : VITESSE VERTICALE (taux de chute)

avec des **AILES** on peut, si on se déplace à une vitesse V créer une **FORCE AÉRODYNAMIQUE F** proportionnelle au carré V^2 de cette vitesse

si je comprends bien ton dessin, le poids **P** est directement opposé à la force **F**. Mais par quel miracle en est-il ainsi ?



réfléchis : le dessin correspond à un **VOL STABILISÉ**, à une vitesse **V** constante, correspondant à un **ANGLE DE DESCENTE** α. le mouvement de ton **PLANEUR**(*) s'accompagne d'une force de **TRAÎNÉE** qui équilibre la composante propulsive du **POIDS**



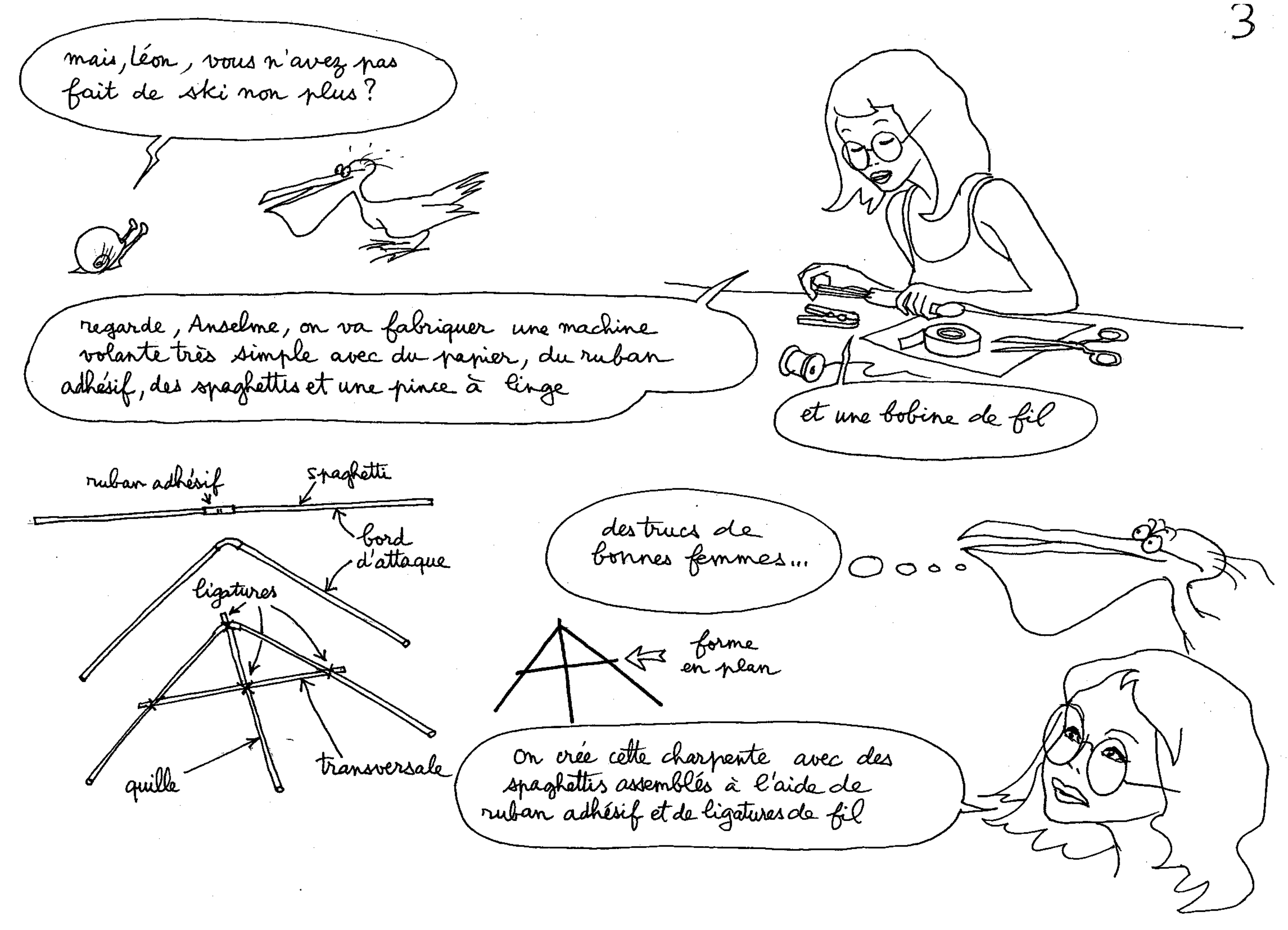
en somme c'est le poids qui fait avancer. c'est proprement miraculeux

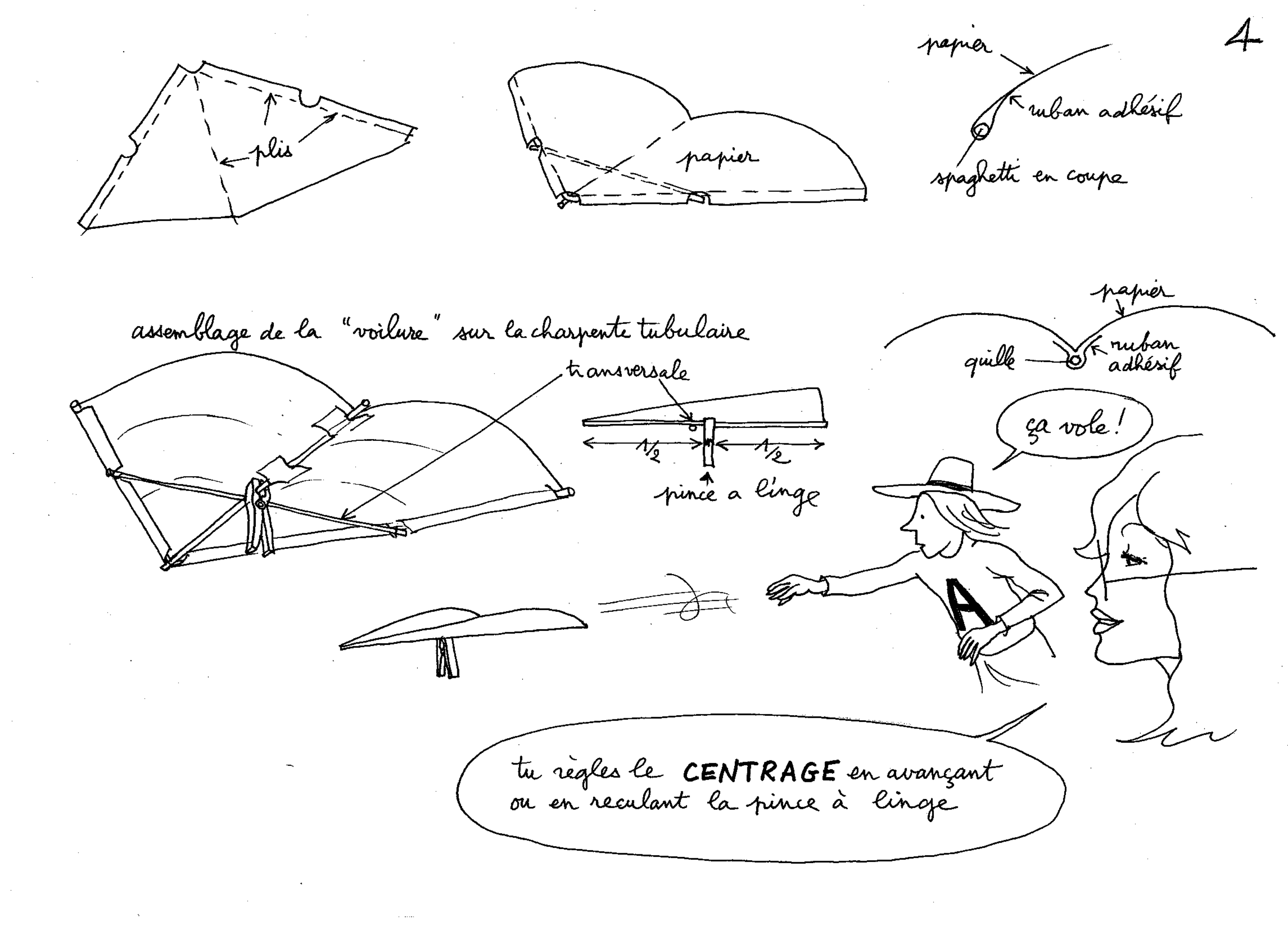


Tirésias, je sais que vous n'avez jamais fait de ski. Mais c'est exactement pareil. C'est la projection du vecteur poids du skieur sur sa **PENTE** qui le fait avancer ; En descente équilibrée, à vitesse constante, cette force motrice est équilibrée par la force de **FROTTEMENT** des skis sur la neige, qui croît avec la vitesse **V**

Trainée de Frottement

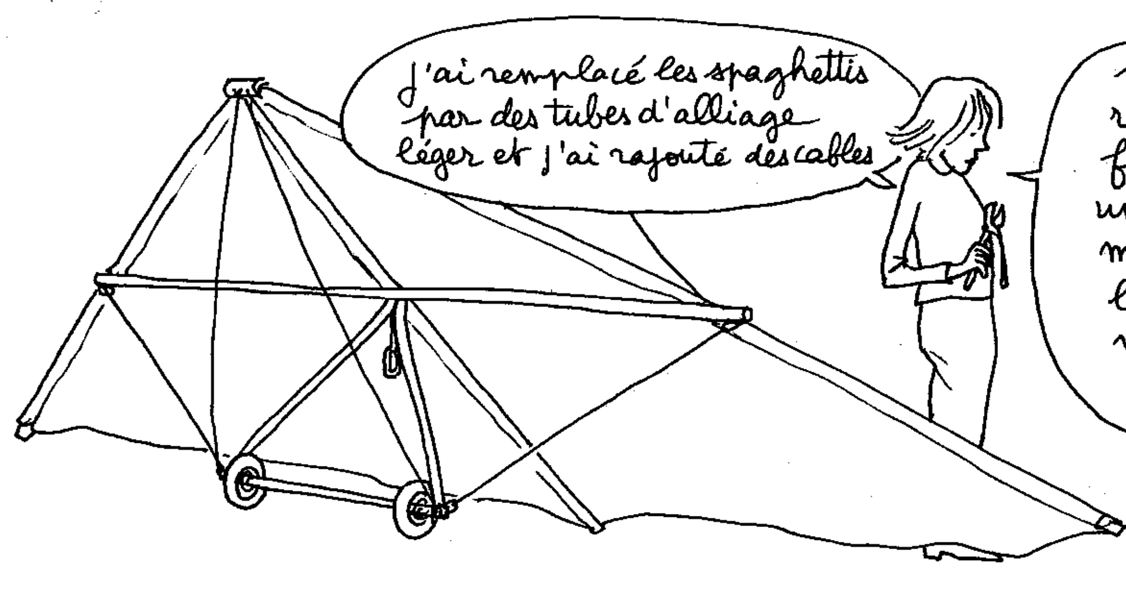
(*) que les anglo-saxons appellent **GLIDER** ou "glisseur"


mais, Léon, vous n'avez pas fait de ski non plus?
regarde, Anselme, on va fabriquer une machine volante très simple avec du papier, du ruban adhésif, des spaghettis et une pince à linge
et une bobine de fil
ruban adhésif
spaghetti
bord d'attaque
ligatures
quille
transversale
des trucs de bonnes femmes...
forme en plan
On crée cette charpente avec des spaghettis assemblés à l'aide de ruban adhésif et de ligatures de fil

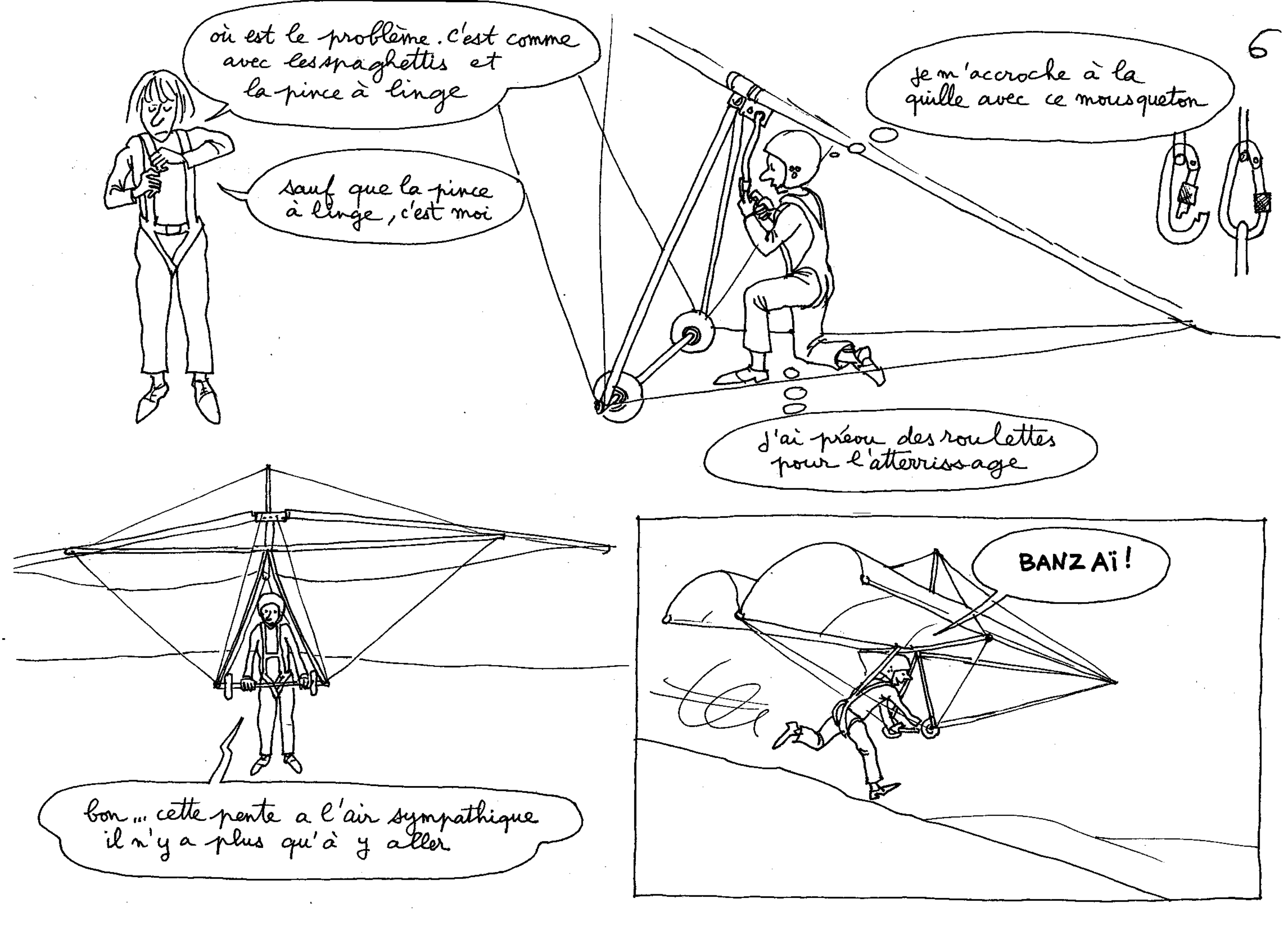


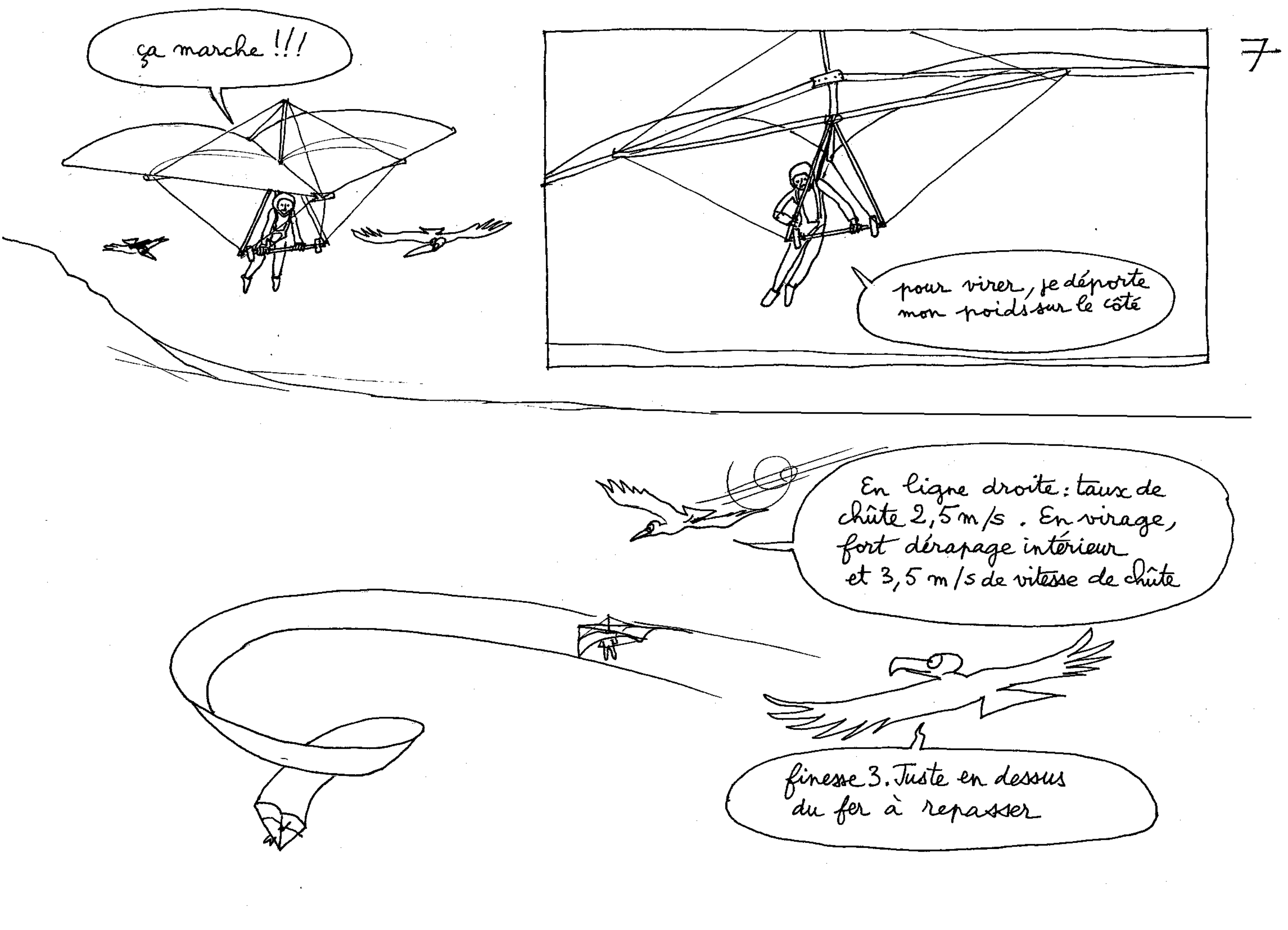
plis
papier
papier
ruban adhésif
spaghetti en coupe
assemblage de la "voilure" sur la charpente tubulaire
transversale
1/2
1/2
pince a linge
papier
quille
ruban adhésif
ça vole !
tu règles le CENTRAGE en avançant ou en reculant la pince à linge

DELTAPLANE

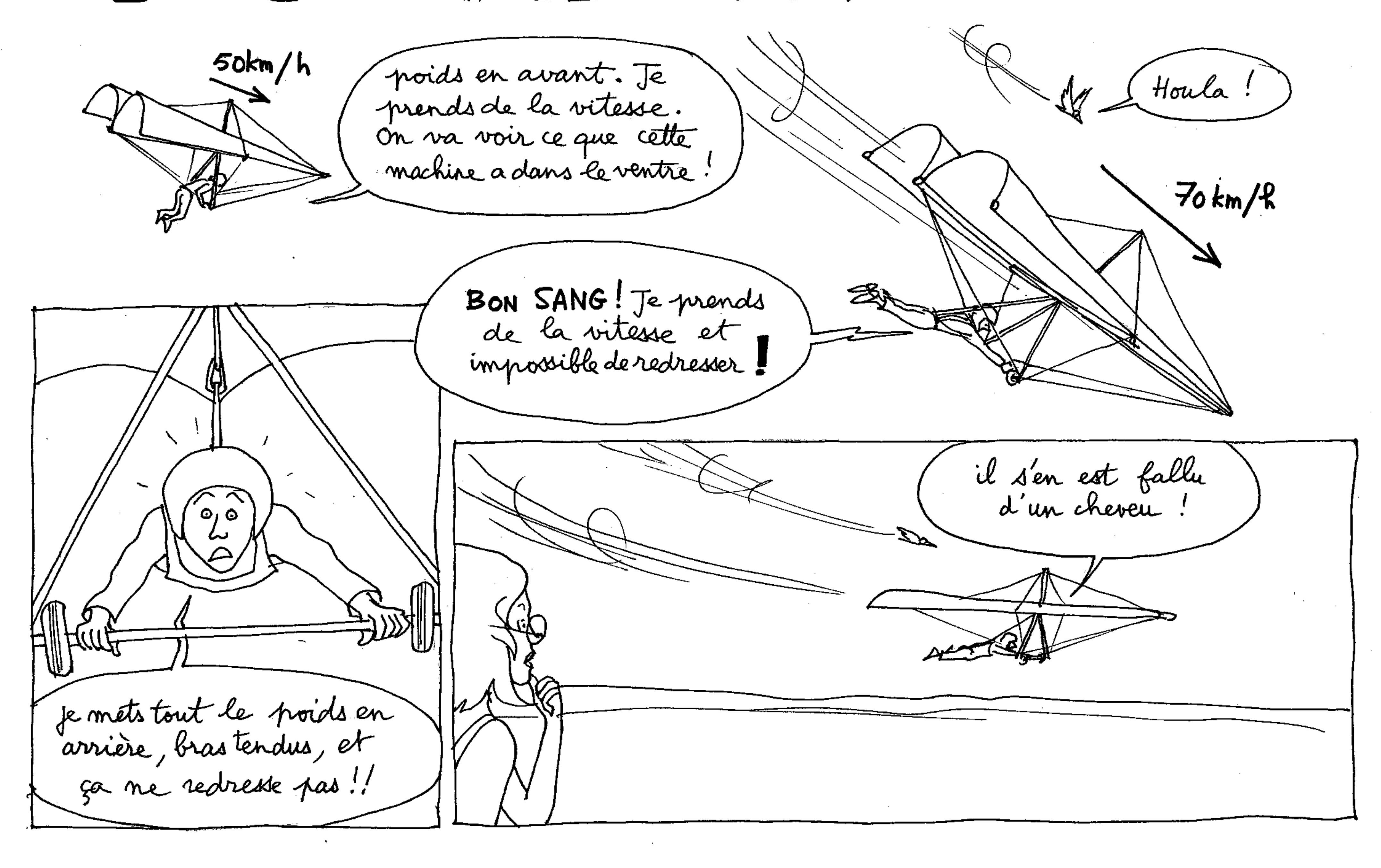

j'ai remplacé les spaghettis par des tubes d'alliage léger et j'ai rajouté des cables
puisque ce truc vole, il n'y a qu'à remplacer la pince à linge, J'ai fabriqué une structure tubulaire avec un TRAPÈZE que je tiendrai à deux mains. Comme ça je pourrai déplacer le lest, c'est à dire mon propre poids, vers l'avant, l'arrière, à droite ou à gauche, à volonté

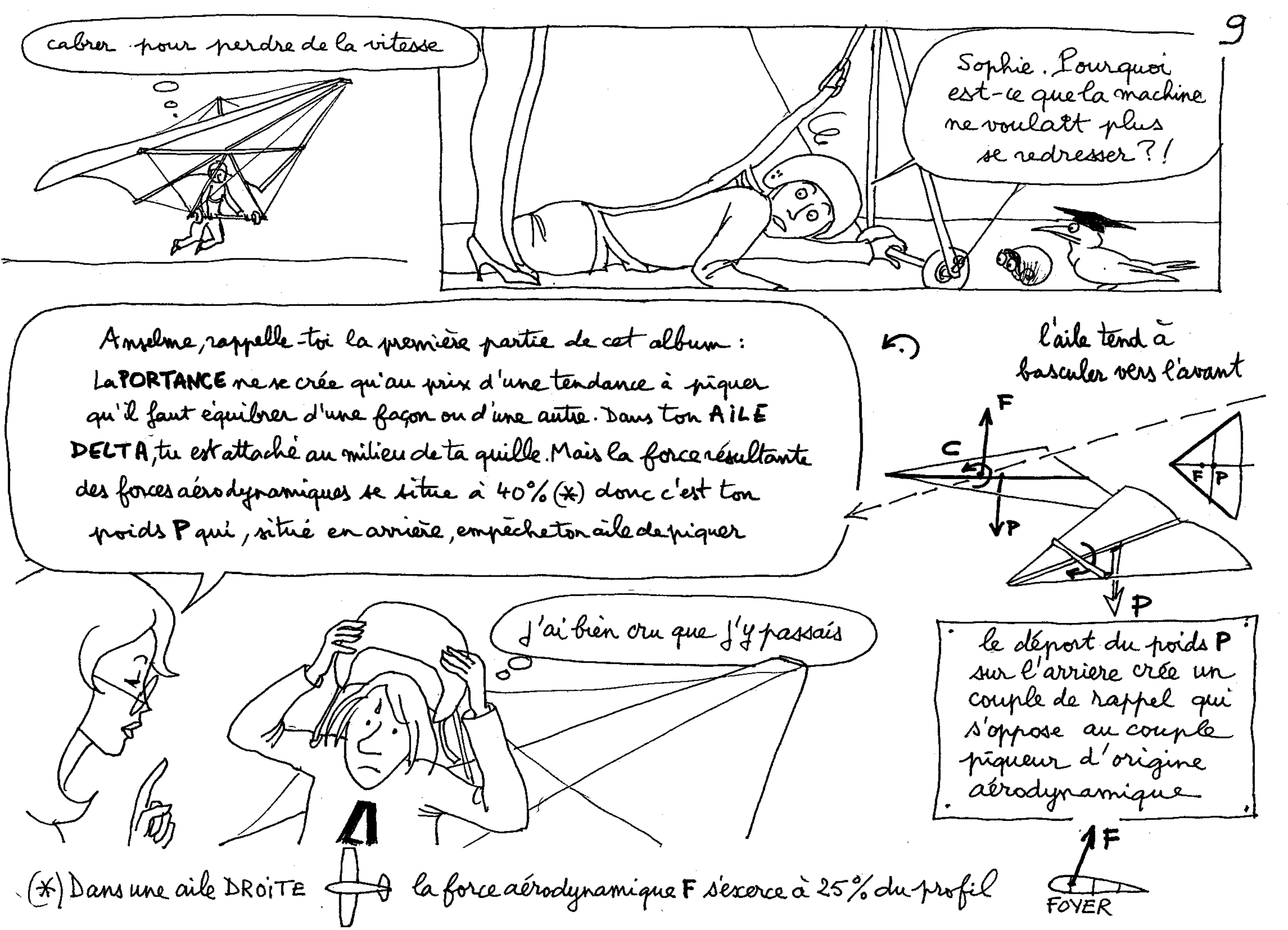

est-ce qu'il ne vaudrait pas mieux... attendre que Sophie donne son avis ?
mon Dieu, il est bien capable de s'accrocher sous ce bazar infernal
pauvre garçon ...


où est le problème. c'est comme avec les spaghettis et la pince à linge
sauf que la pince à linge, c'est moi
je m'accroche à la quille avec ce mousqueton
j'ai prévu des roulettes pour l'atterrissage
bon... cette pente a l'air sympathique il n'y a plus qu'à y aller
BANZAÏ !

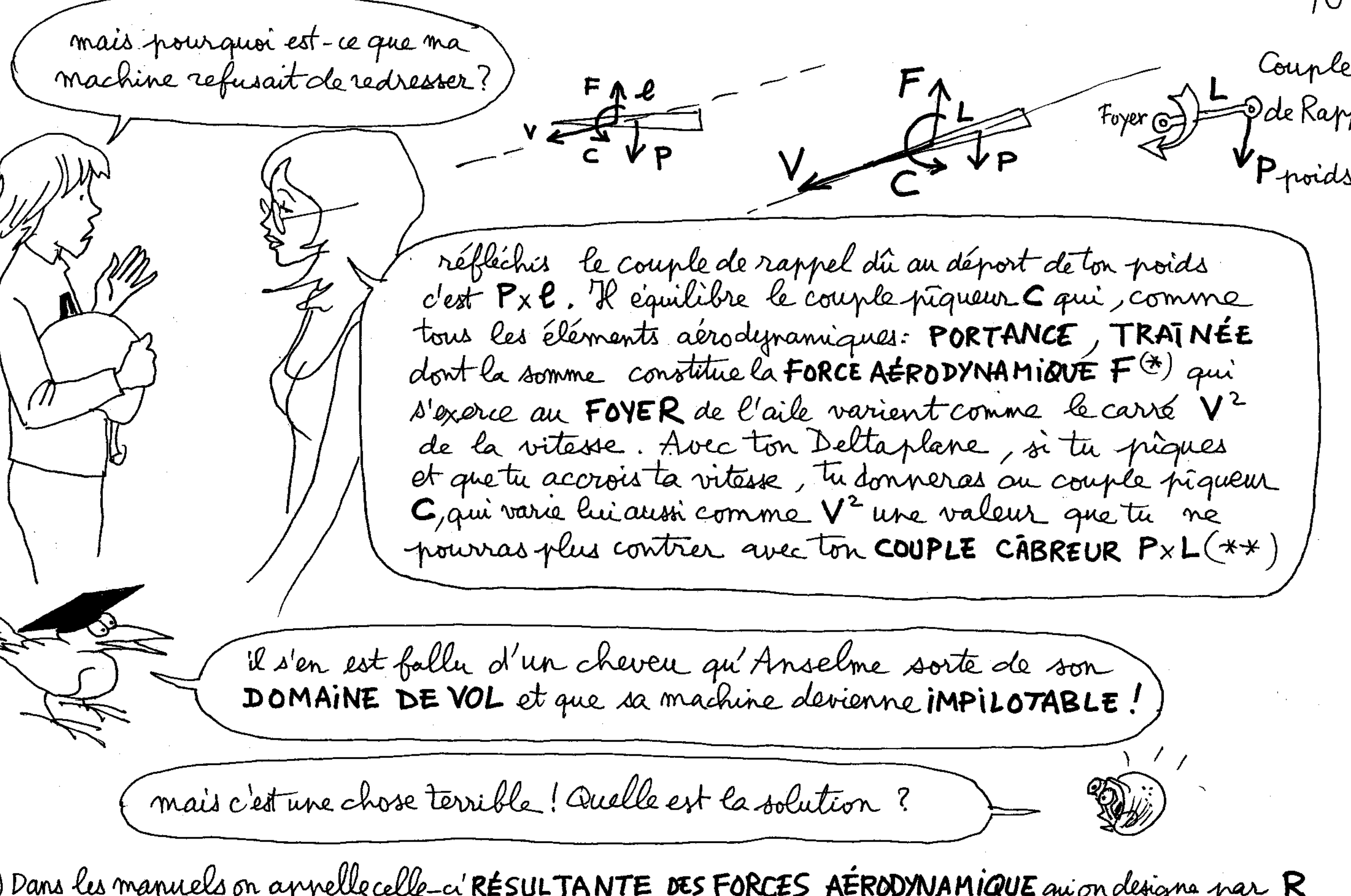

ça marche !!!
pour virer, je déporte mon poids sur le côté
En ligne droite : taux de chûte 2,5 m/s . En virage, fort dérapage intérieur et 3,5 m/s de vitesse de chûte
finesse 3. Juste en dessus du fer à repasser

AUTOSTABILITÉ



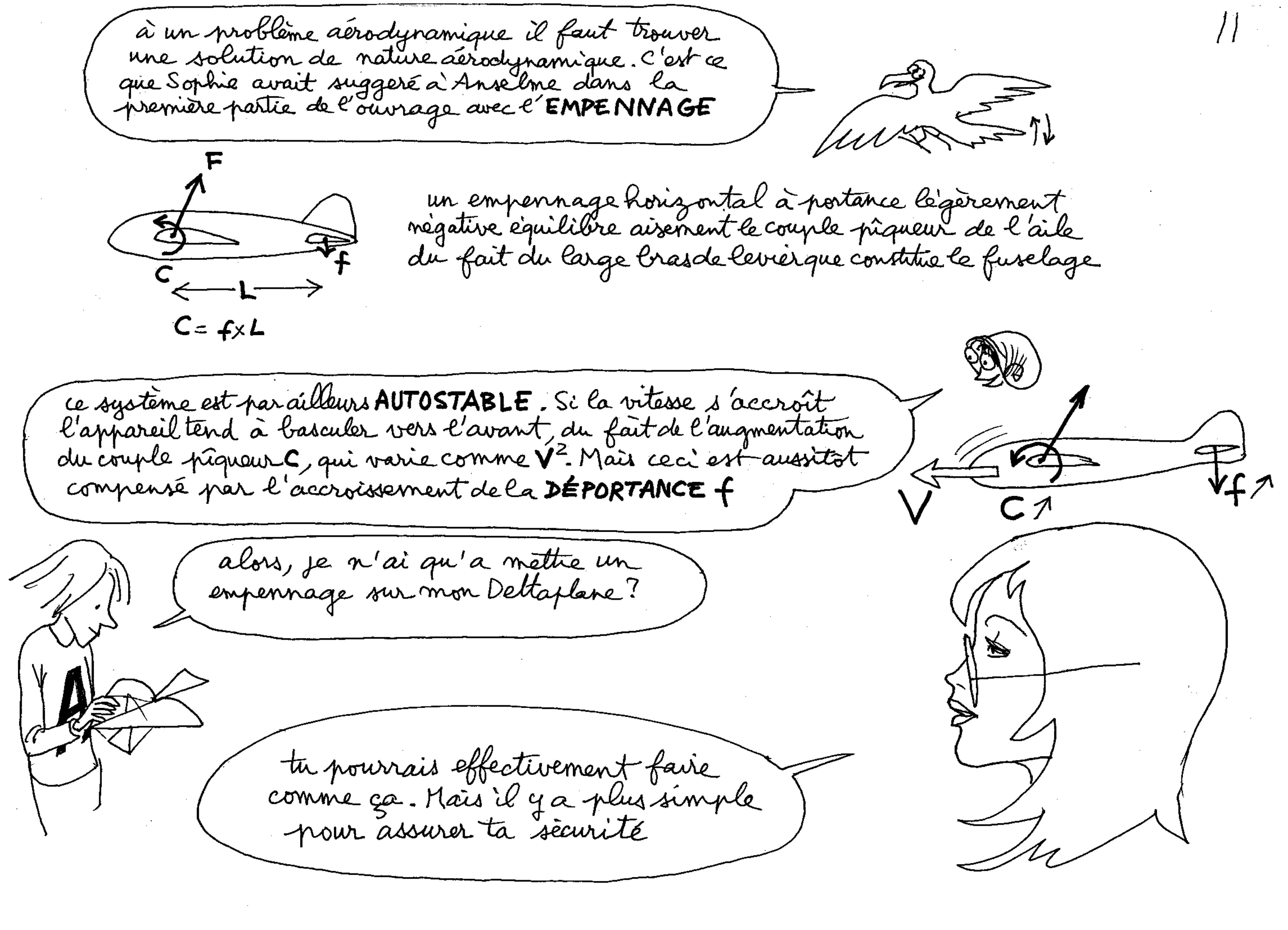


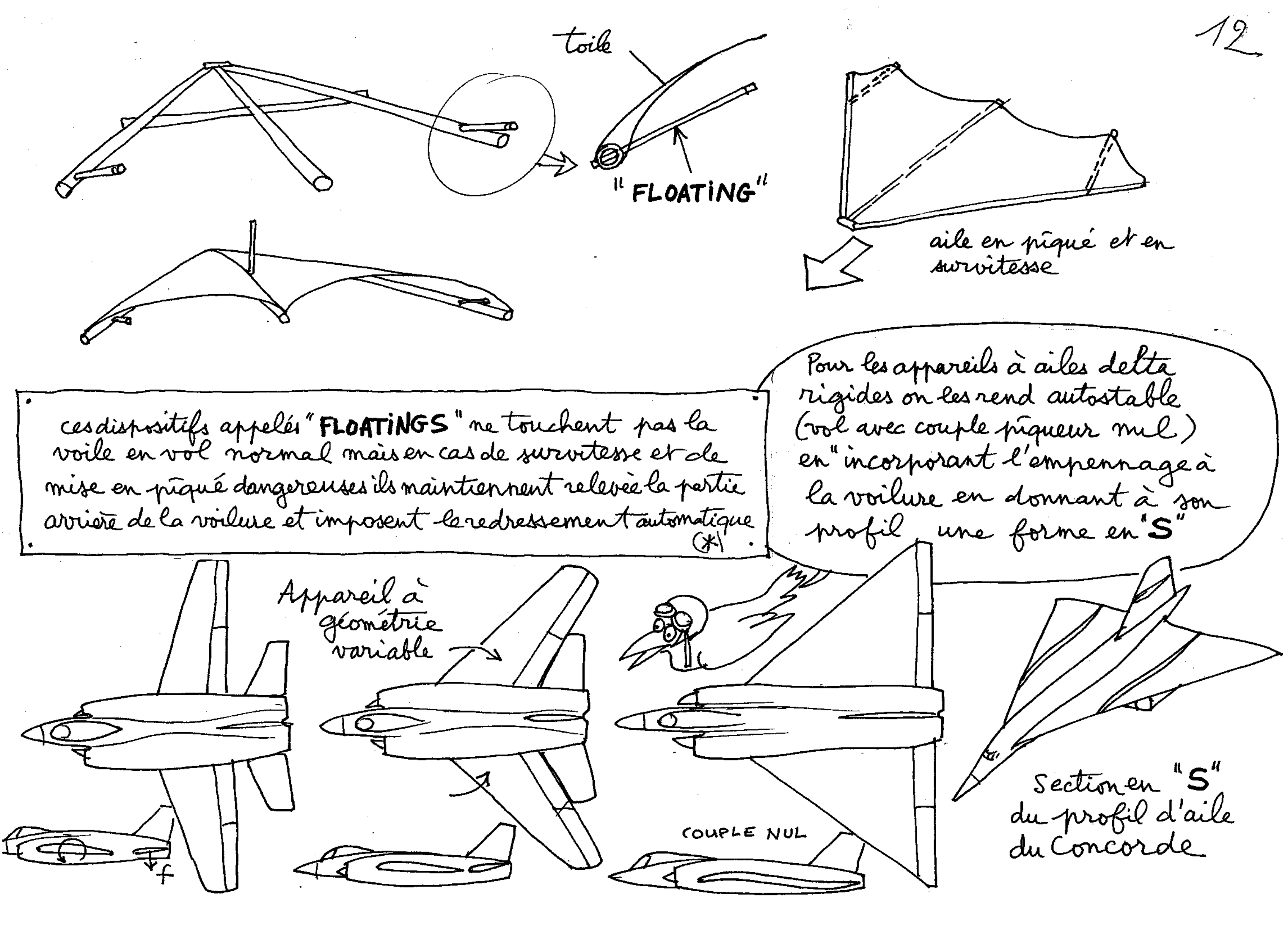
cabrer pour perdre de la vitesse
Sophie. Pourquoi est-ce que la machine ne voulait plus se redresser ?!
Anselme, rappelle-toi la première partie de cet album : La PORTANCE ne se crée qu'au prix d'une tendance à piquer qu'il faut équilibrer d'une façon ou d'une autre. Dans ton AILE DELTA, tu est attaché au milieu de ta quille. Mais la force résultante des forces aérodynamiques se situe à 40% (*) donc c'est ton poids P qui, situé en arrière, empêche ton aile de piquer
l'aile tend à basculer vers l'avant
F
C
P
F P
P
le déport du poids P sur l'arriere crée un couple de rappel qui s'oppose au couple piqueur d'origine aérodynamique
J'ai bien cru que j'y passais
F
FOYER
(*) Dans une aile DROITE la force aérodynamique F s'exerce à 25% du profil



(*) Dans les manuels on appelle celle-ci RÉSULTANTE DES FORCES AÉRODYNAMIQUE qu'on designe par R

(**) La méconnaissance de ce phénomène fut la cause de nombreux accidents mortels dans les années 70


à un problème aérodynamique il faut trouver une solution de nature aérodynamique. C'est ce que Sophie avait suggéré à Anselme dans la première partie de l'ouvrage avec l'EMPENNAGE
F
C
f
L
C = f × L
un empennage horizontal à portance légèrement négative équilibre aisément le couple piqueur de l'aile du fait du large bras de levier que constitue le fuselage
ce système est par ailleurs AUTOSTABLE. Si la vitesse s'accroît l'appareil tend à basculer vers l'avant, du fait de l'augmentation du couple piqueur C, qui varie comme V². Mais ceci est aussitôt compensé par l'accroissement de la DÉPORTANCE f
V
C
f
alors, je n'ai qu'à mettre un empennage sur mon Deltaplane?
A
tu pourrais effectivement faire comme ça. Mais il y a plus simple pour assurer ta sécurité


toile
"FLOATING"
aile en piqué et en survitesse
ces dispositifs appelés "FLOATINGS" ne touchent pas la voile en vol normal mais en cas de survitesse et de mise en piqué dangereuses ils maintiennent relevée la partie arrière de la voilure et imposent le redressement automatique (*)
Pour les appareils à ailes delta rigides on les rend autostable (vol avec couple piqueur nul) en "incorporant l'empennage à la voilure en donnant à son profil une forme en "S"
Appareil à géométrie variable
f
COUPLE NUL
Section en "S" du profil d'aile du Concorde

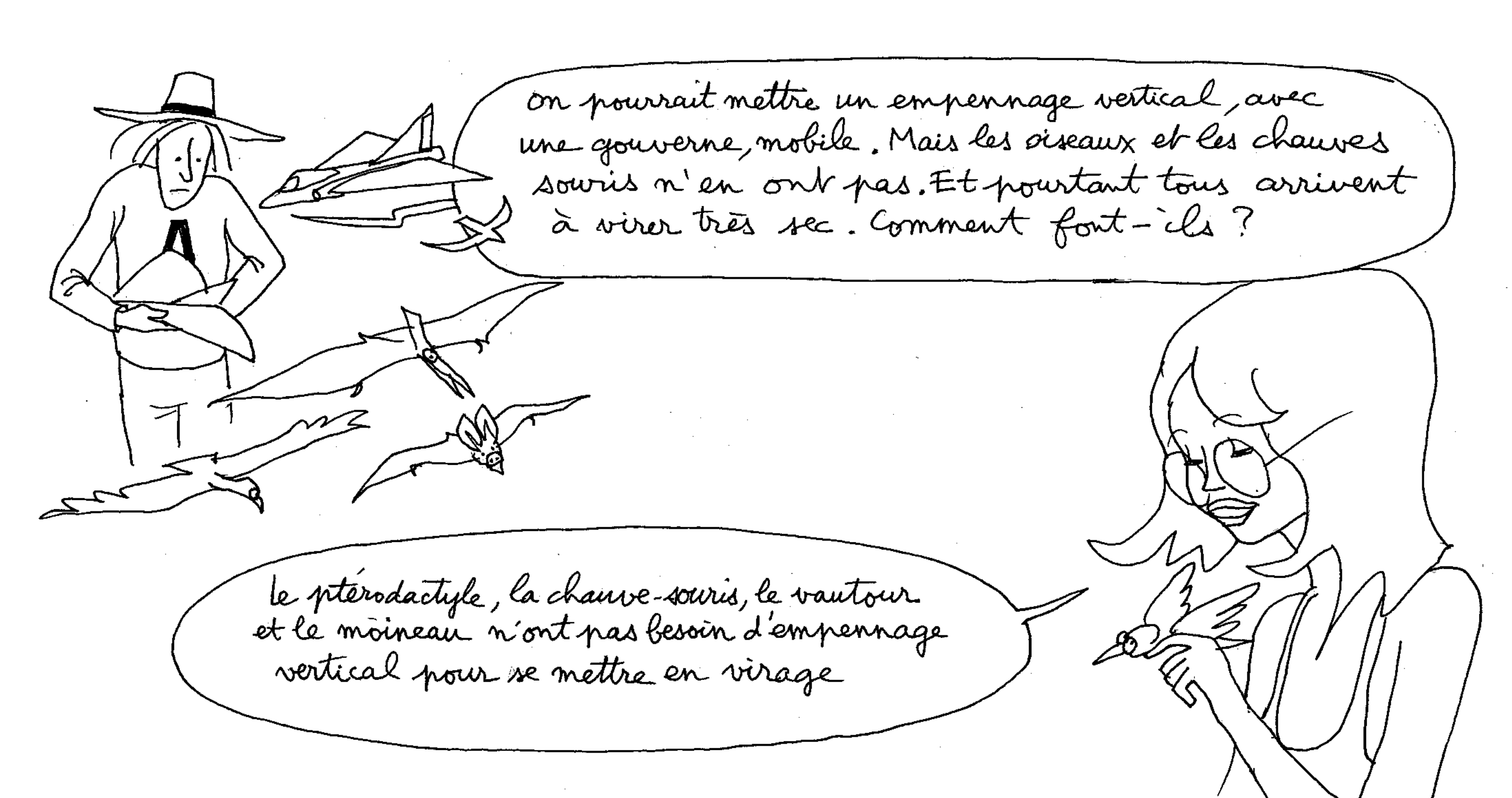
une classique fléchette en papier vole comme un deltaplane. le centre de gravité est évidemment au milieu, tandis que le FOYER est à 40% de la CORDE, du profil - le couple de rappel dû au poids compense le couple piqueur lié à la portance. En piqué prononcé elle ne redresse pas.

On peut passer à un profil autostable en pliant légèrement le nez et en relevant (tout aussi légèrement) l'arrière. On donne alors à la fléchette un profil en **S**, qui lui permet entre autre de voler plus lentement

La Direction

(*) ces dispositifs simples se révélèrent immédiatement très efficaces.

COMMENT LES OISEAUX FONT-ILS POUR TOURNER ?



En étendant une aile et en repliant l'autre il y a deux effets : Les surfaces des ailes sont modifiées. L'aile qui est en extension voit son bord de fuite s'abaisser. Phénomène inverse pour l'aile qu'on replie

Ptérodactyle vu de l'arrière volant en ligne droite

personne à droite, je vire

Sécurité

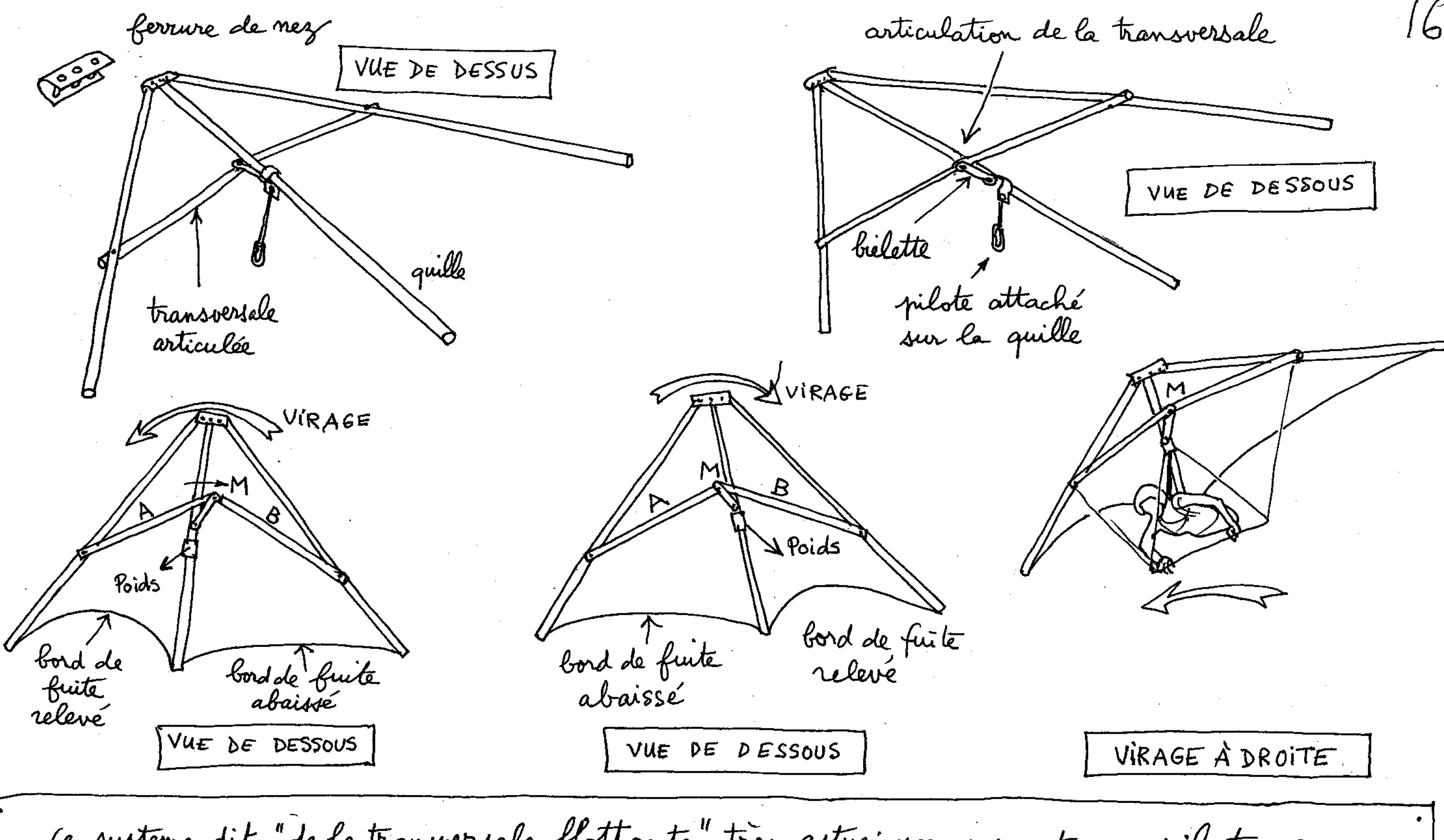
Très joli, mais comment faire pour étendre une aile en repliant l'autre, même légèrement ?

bord d'attaque

transversale

quille

tu n'as qu'à désolidariser la quille et la transversale



Ce système dit "de la transversale flottante", très astucieux permet au pilote, en déportant son poids, de désaxer la quille par rapport à l'articulation M des deux demi-transversales A et B, d'égales longueurs. Des déplacements de quelques centimètres permettent d'opérer des virages serrés

La Direction

si je veux concevoir un **PLANEUR** performant, il me faut éliminer tout ce qui est une source de perte d'énergie. Donc la **TURBULENCE** au premier chef. Si mon planeur laisse derrière lui des masses d'air mises en mouvement par son passage, c'est de l'énergie gaspillée

logique..

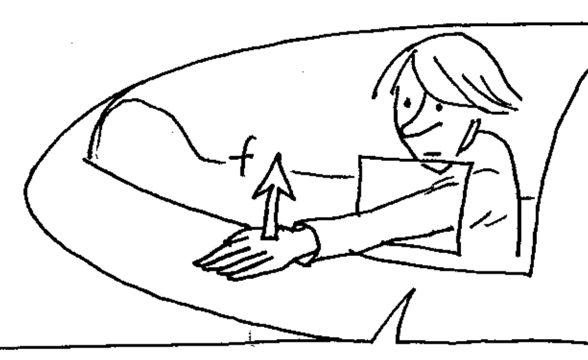
tous ces cables sont la source d'une **TRAINÉE** importante : à éliminer. Le pilote : à l'intérieur de la structure. Des parois lisses, sans aspérités. Il faut tout revoir

ça c'est pas mal. Mais comment piloter cette machine ?

Je peux me deplacer d'avant en arrière dans la cabine pour cabrer ou piquer. J'ai mis des fenêtres sur chaque côté, et en sortant la main ça permet de tourner. Mais c'est peu efficace et ça crée de la turbulence ce que je veux précisément éviter à tout prix



Incidemment ...



Tiens, un truc intéressant. Quand je mets la main comme cela, comme une sorte d'aile et que je change **L'INCIDENCE α** la force change proportionnellement à celle-ci. Je vais bricoler un empennage horizontal à incidence α variable à volonté

câbrer

axe

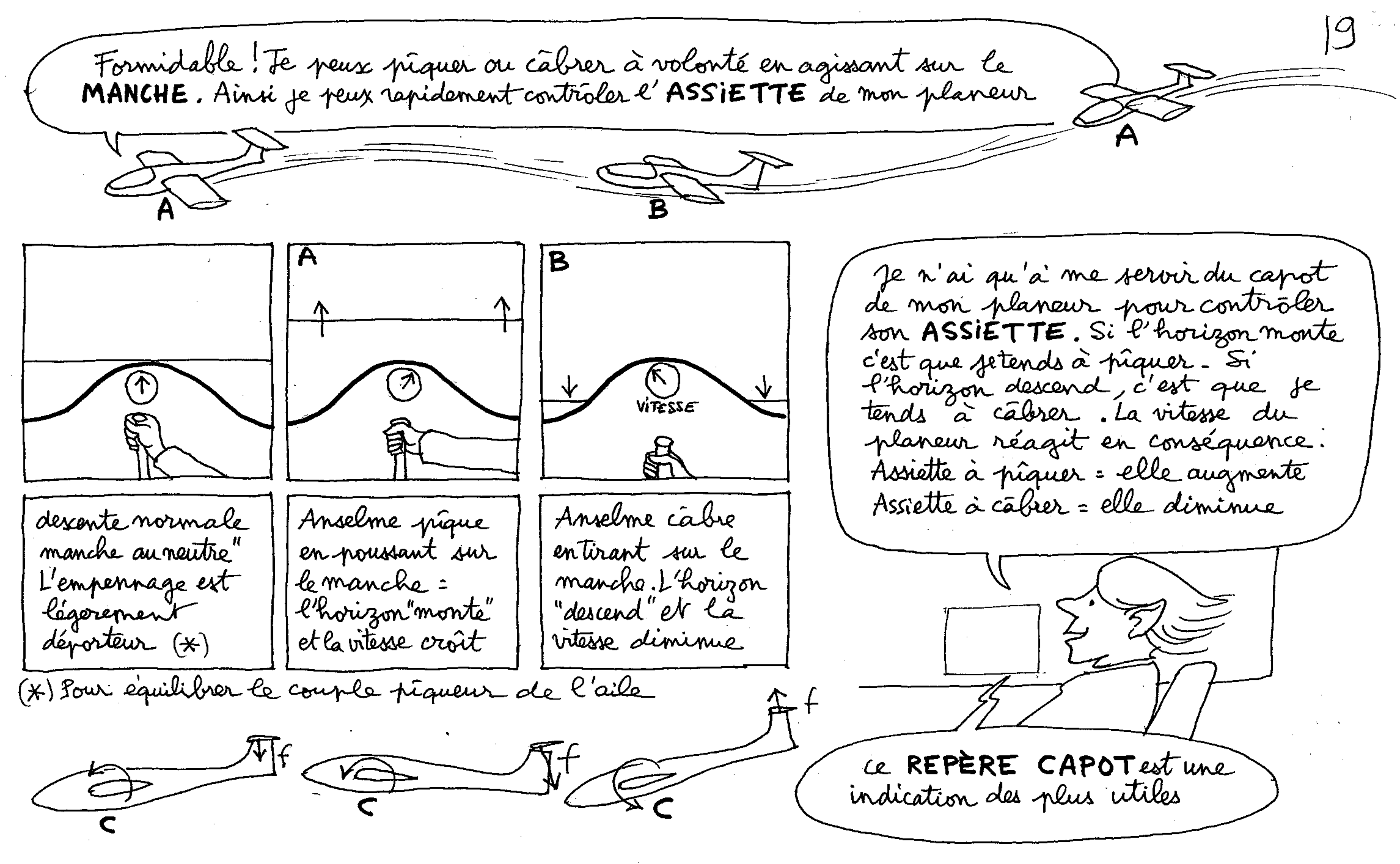
incidence α négative

grâce à cette **TRINGLERIE** Anselme peut manœuvrer à distance le plan horizontal de sa machine volante grâce à un **MANCHE À BALAI**

piquer

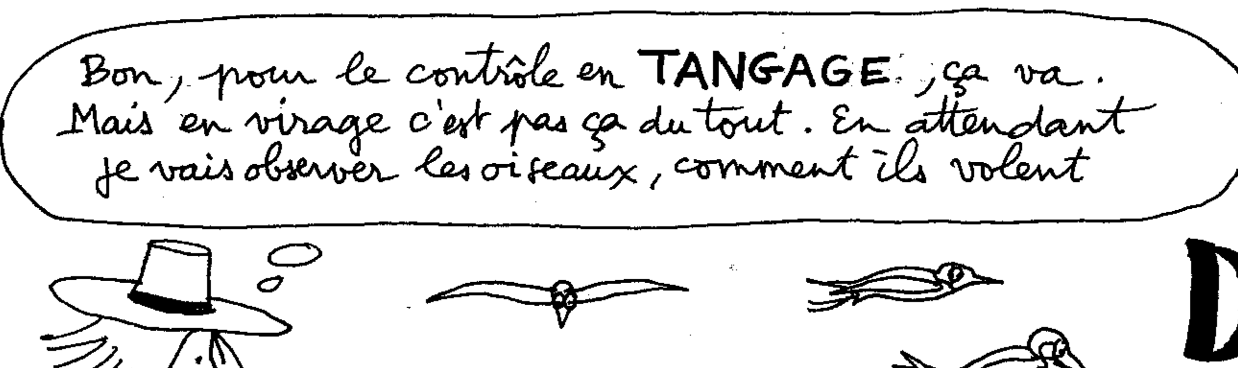
incidence α positive

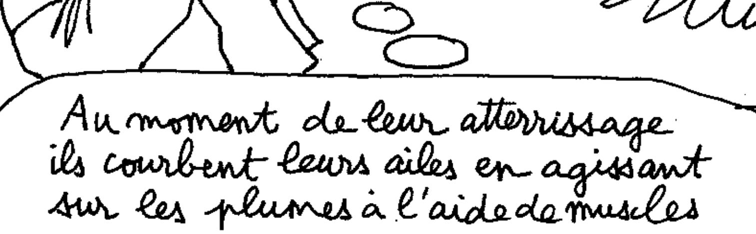
génial !

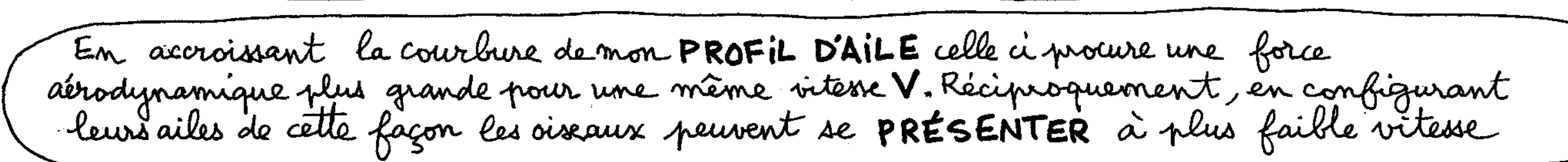


Plus un planeur va vite et plus le bruit dû au frottement de l'aile devient audible, s'intensifie. Quand les instruments de mesure de vitesse n'avaient pas encore été inventés les pilotes de planeur se reconnaissaient parce que leurs oreilles s'allongeaient, par effet d'adaptation

VOLETS DE COURBURE

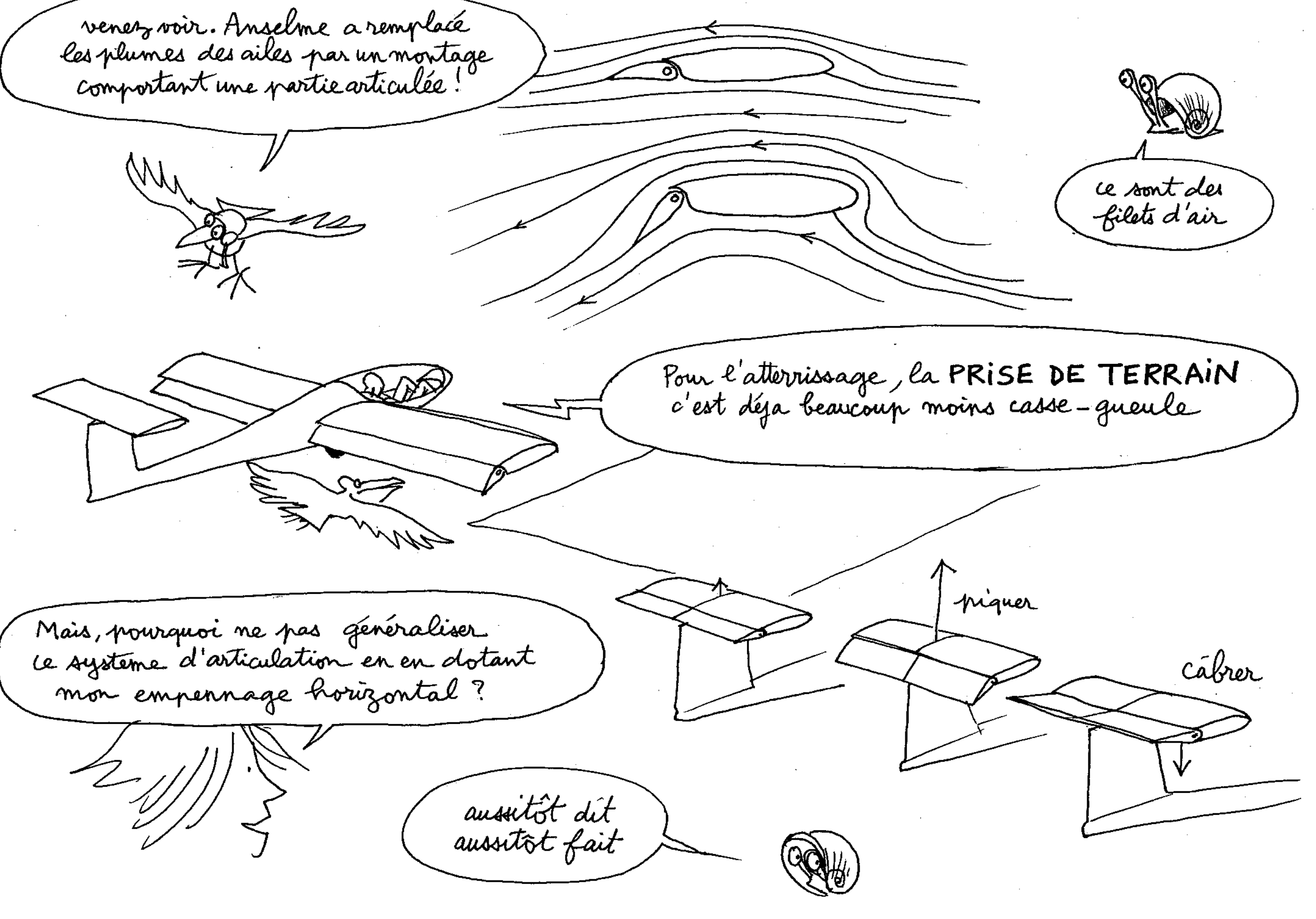




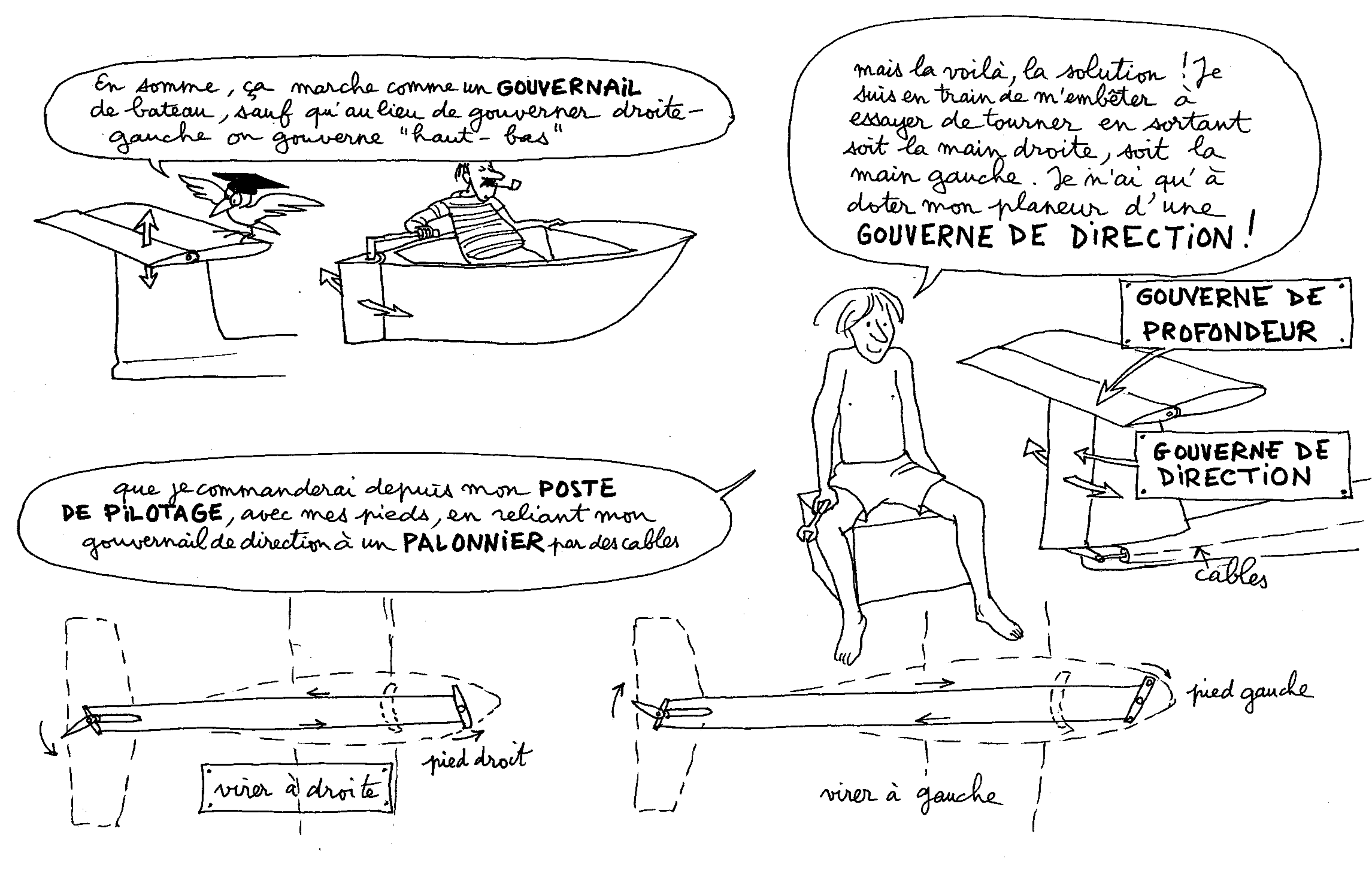







venez voir. Anselme a remplacé les plumes des ailes par un montage comportant une partie articulée !
ce sont des filets d'air
Pour l'atterrissage, la PRISE DE TERRAIN c'est déja beaucoup moins casse-gueule
Mais, pourquoi ne pas généraliser ce système d'articulation en en dotant mon empennage horizontal ?
piquer
cabrer
aussitôt dit aussitôt fait

GOUVERNES



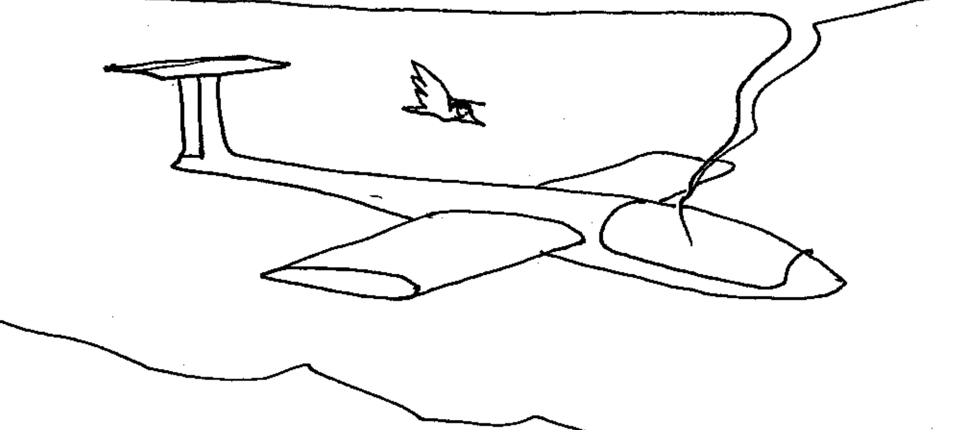
En somme, ça marche comme un GOUVERNAIL de bateau, sauf qu'au lieu de gouverner droite-gauche on gouverne "haut-bas"
mais la voilà, la solution ! Je suis en train de m'embêter à essayer de tourner en sortant soit la main droite, soit la main gauche. Je n'ai qu'à doter mon planeur d'une GOUVERNE DE DIRECTION !
GOUVERNE DE PROFONDEUR
GOUVERNE DE DIRECTION
cables
que je commanderai depuis mon POSTE DE PILOTAGE, avec mes pieds, en reliant mon gouvernail de direction à un PALONNIER par des cables
pied droit
virer à droite
pied gauche
virer à gauche

alors, comment se porte mon homme volant préféré

à merveille, Sophie. **LA MÉCANIQUE DU VOL** n'a plus de secrets pour moi Il suffit de mettre des gouvernes aux bons endroits pour monter, descendre tourner à droite ou à gauche

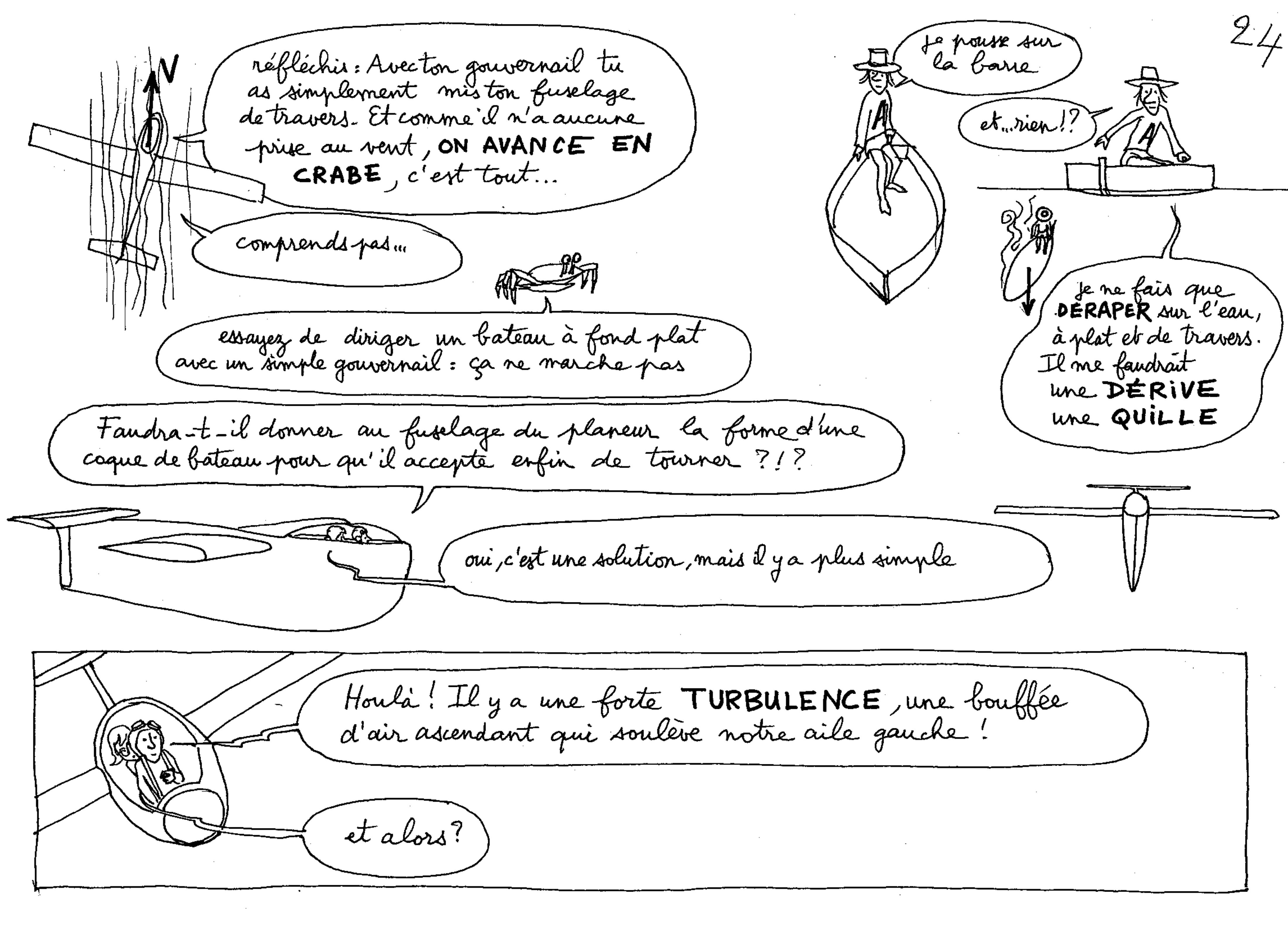
j'ai même construit un planeur biplace et si tu veux, je t'emmène

Voilà. On décolle dans la pente.. Avec ce manche à balai je peux monter ou descendre à volonté et, normalement, grâce au palonnier

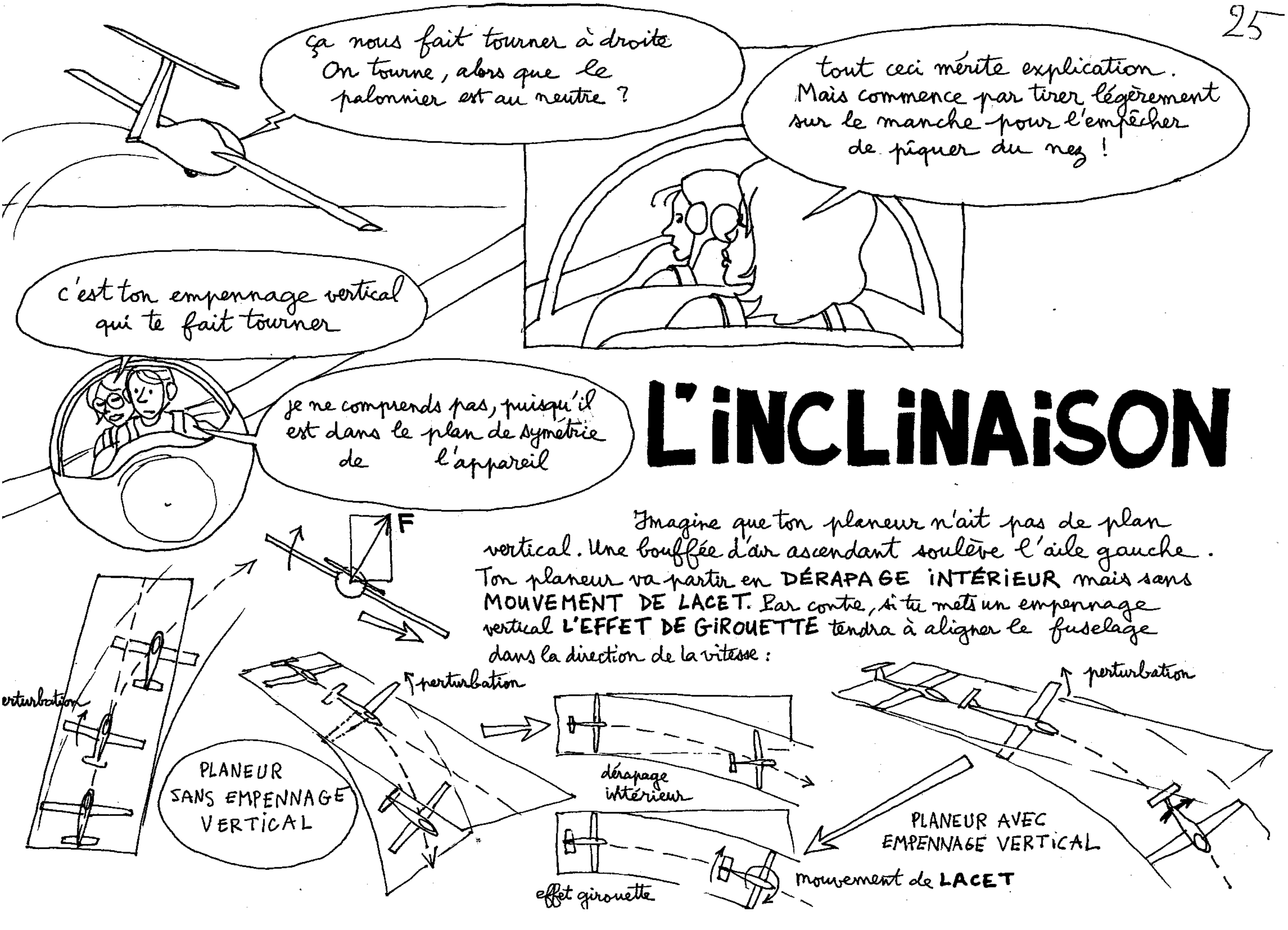


Fichtre, je mets du pied à fond et je ne tourne pas ! le planeur part en crabe, c'est tout !?!



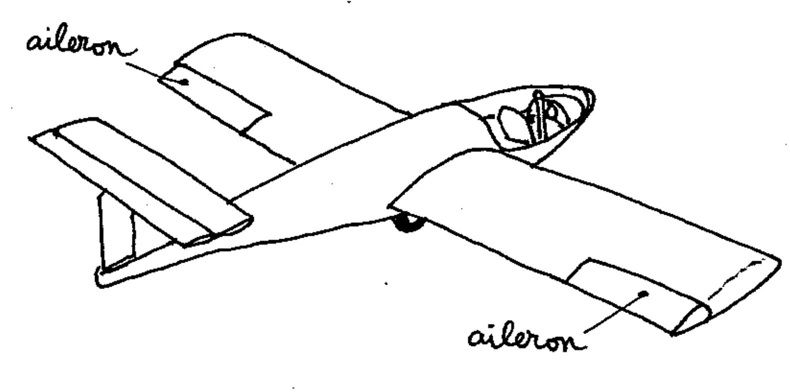


réfléchis : Avec ton gouvernail tu as simplement mis ton fuselage de travers. Et comme il n'a aucune prise au vent, ON AVANCE EN CRABE, c'est tout...
comprends pas...
je pousse sur la barre
et... rien !?
je ne fais que DÉRAPER sur l'eau, à plat et de travers. Il me faudrait une DÉRIVE une QUILLE
essayez de diriger un bateau à fond plat avec un simple gouvernail : ça ne marche pas
Faudra-t-il donner au fuselage du planeur la forme d'une coque de bateau pour qu'il accepte enfin de tourner ?!?
oui, c'est une solution, mais il y a plus simple
Houlà ! Il y a une forte TURBULENCE, une bouffée d'air ascendant qui soulève notre aile gauche !
et alors ?


25
ça nous fait tourner à droite
On tourne, alors que le palonnier est au neutre ?
tout ceci mérite explication. Mais commence par tirer légèrement sur le manche pour l'empêcher de piquer du nez !
c'est ton empennage vertical qui te fait tourner
je ne comprends pas, puisqu'il est dans le plan de symétrie de l'appareil
L'INCLINAISON
F
Imagine que ton planeur n'ait pas de plan vertical. Une bouffée d'air ascendant soulève l'aile gauche. Ton planeur va partir en DÉRAPAGE INTÉRIEUR mais sans MOUVEMENT DE LACET. Par contre, si tu mets un empennage vertical L'EFFET DE GIROUETTE tendra à aligner le fuselage dans la direction de la vitesse :
erturbation
perturbation
perturbation
PLANEUR SANS EMPENNAGE VERTICAL
dérapage intérieur
effet girouette
mouvement de LACET
PLANEUR AVEC EMPENNAGE VERTICAL

AiLERONS

si l'**INCLINAISON** est ce qui fait virer le planeur alors je peux la provoquer en changeant la courbure du profil à l'aile de volets : des **AiLERONS**, braqués de manière differentielle

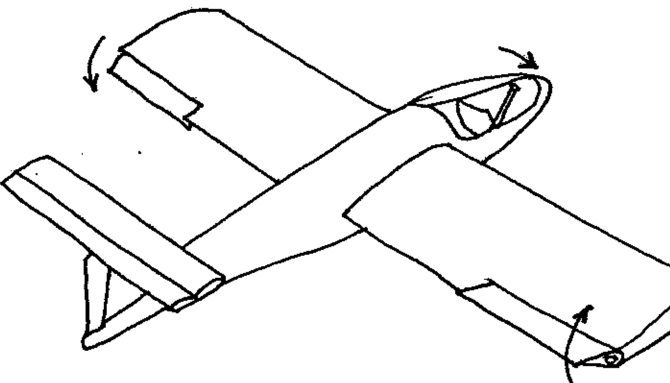


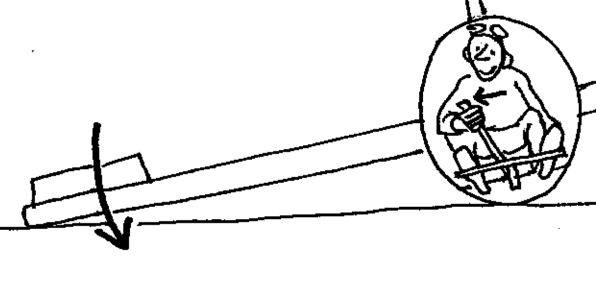


Portance, aileron non braqué

Portance accrue, braquage positif

Déportance, braquage négatif





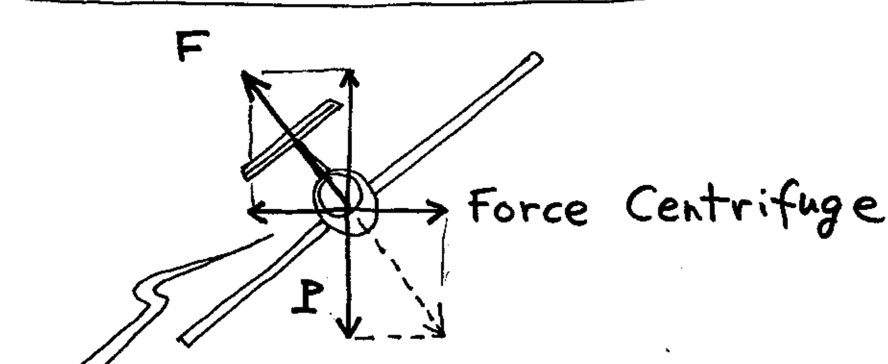
je me suis débrouillé pour commander ces ailerons avec le manche, en l'inclinant sur la droite ou sur la gauche

Bon, je vais pouvoir incliner mon aile en manoeuvrant ces ailerons à l'aide du manche. Puis, par effet girouette, mon plan vertical va enclencher le virage, et je tirerai un peu sur le manche pour conserver mon **ASSiETTE** pour empêcher mon planeur de s'enfoncer, de piquer du nez

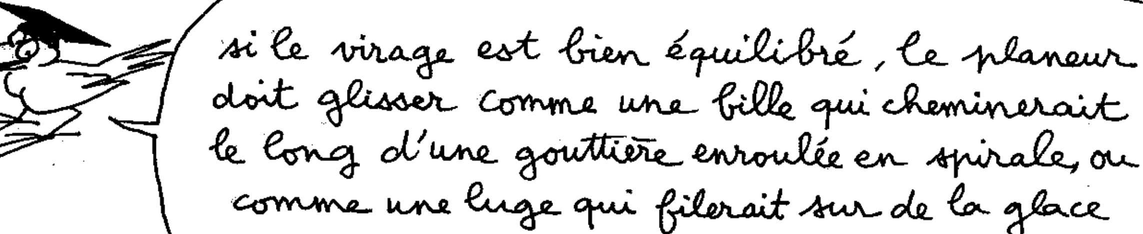
tant qu'à faire, mets un peu de pied pour amorcer le virage, ça aidera

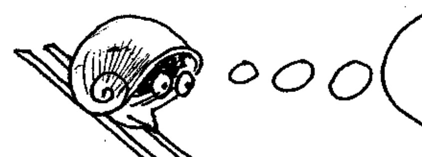


et hop! ça marche. Virage enclenché



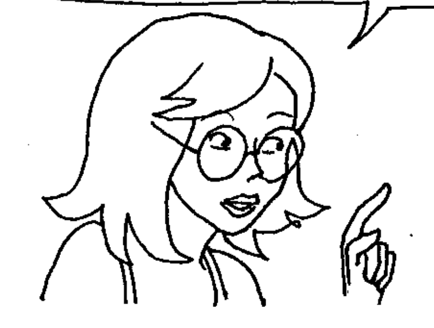
et tu vois, après, ton planeur vire presque tout seul. Tu te sers juste de tes commandes pour équilibrer ton virage

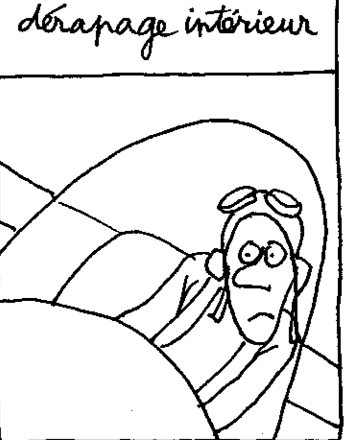




mais comment savoir si on est en dérapage extérieur ou en dérapage intérieur vis à vis de quelque chose qu'on ne voit pas = de l'air

CONTROLE DU ViRAGE





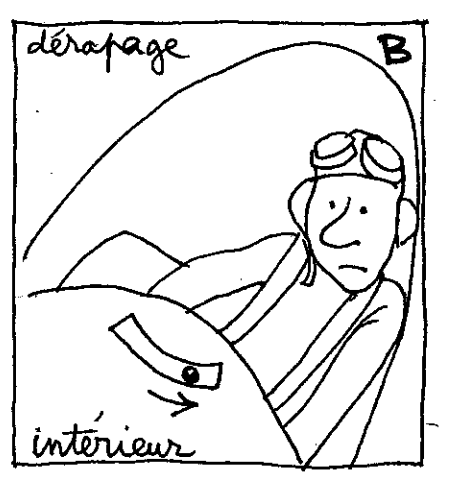


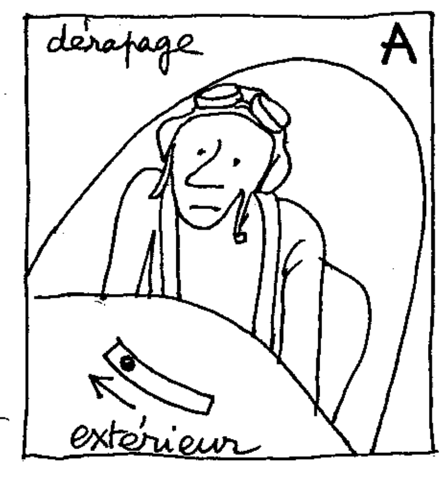


Premier instrument : LA BILLE

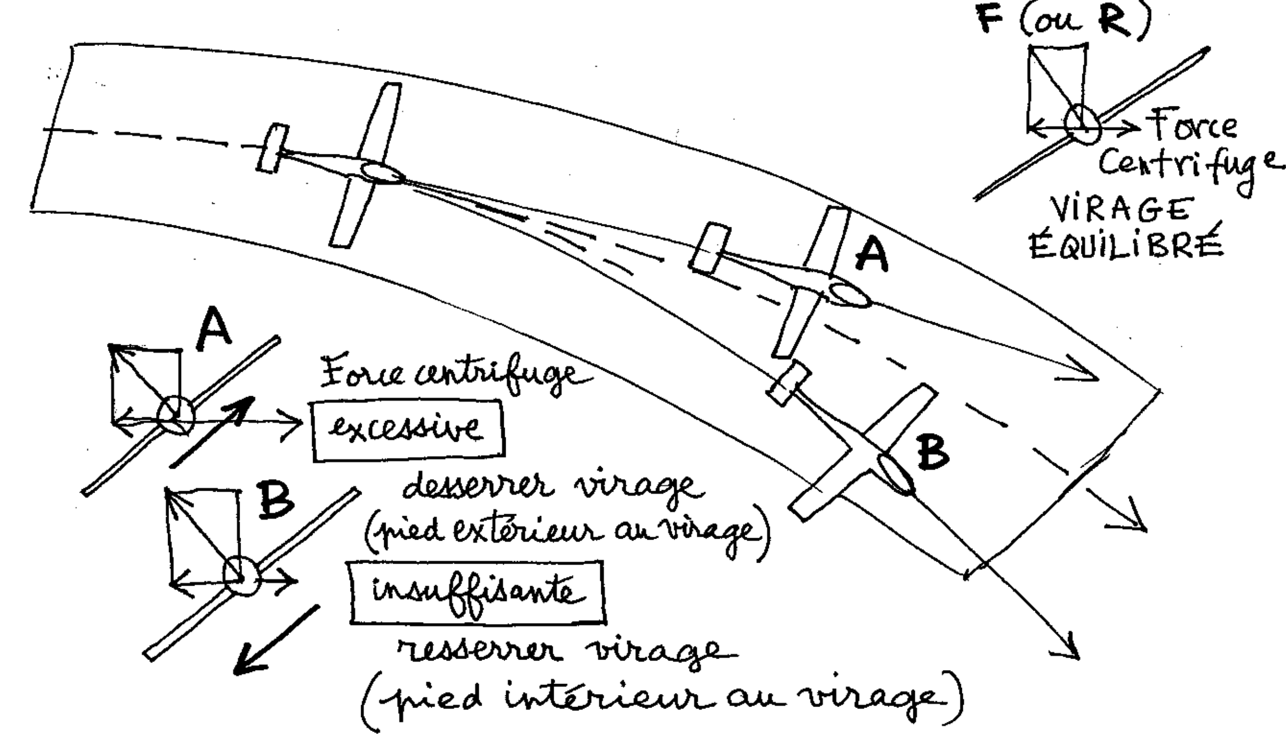


Il s'agit d'un tube en verre courbé, empli d'huile, à l'intérieur duquel on place une bille

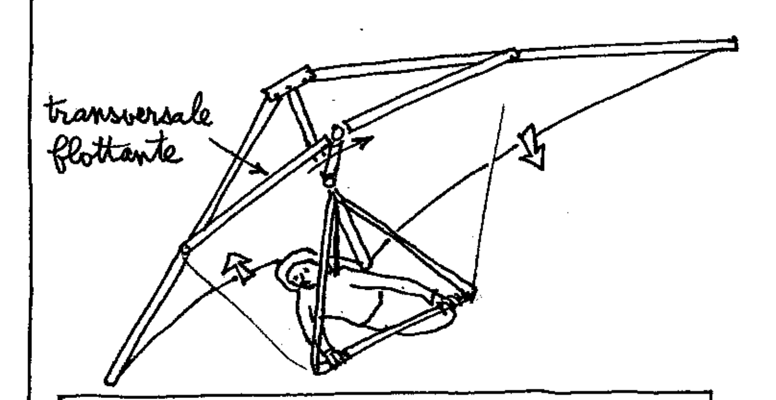




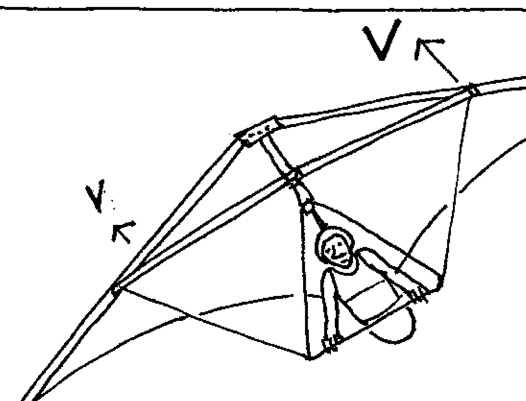
la bille glisse dans le sens où s'effectue le DÉRAPAGE



PETITE DIGRESSION CONCERNANT LES AILES DELTA (voir page 16)



le pilote de delta déporte son poids pour enclencher son virage



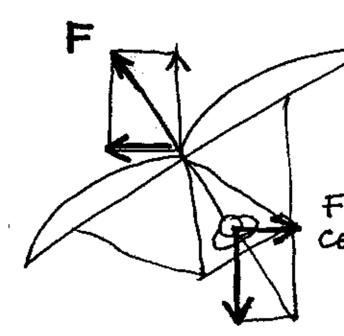
Une fois le virage enclenché, l'inclinaison joue son rôle. Elle se maintient parce que l'aile extérieure se déplace un peu plus vite

mais comment contrôle-t-il son virage ? Est-ce qu'il a une ... bille ?





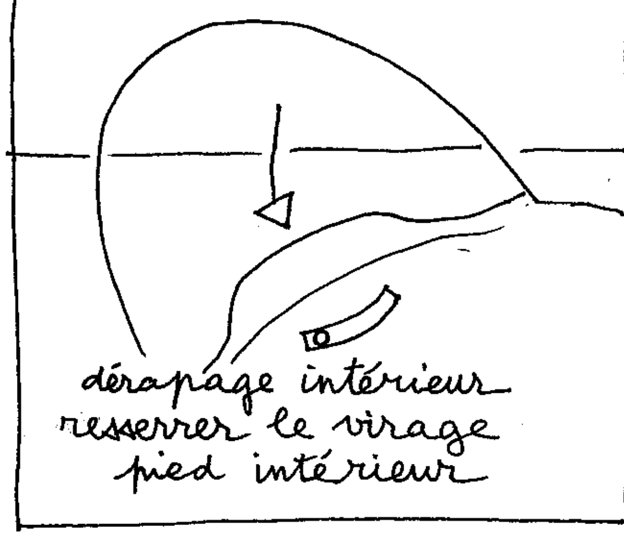
le pilote de delta n'a pas besoin de bille
PUISQUE LA BILLE .... C'EST LUI !..
Le virage s'accentue jusqu'à ce que la force centrifuge mette le corps du pilote dans le plan de symétrie de la machine où le système de transversale flottante le maintient automatiquement

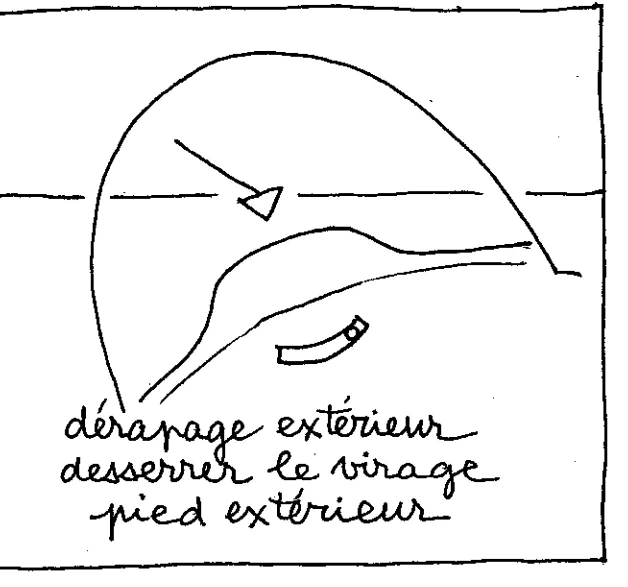


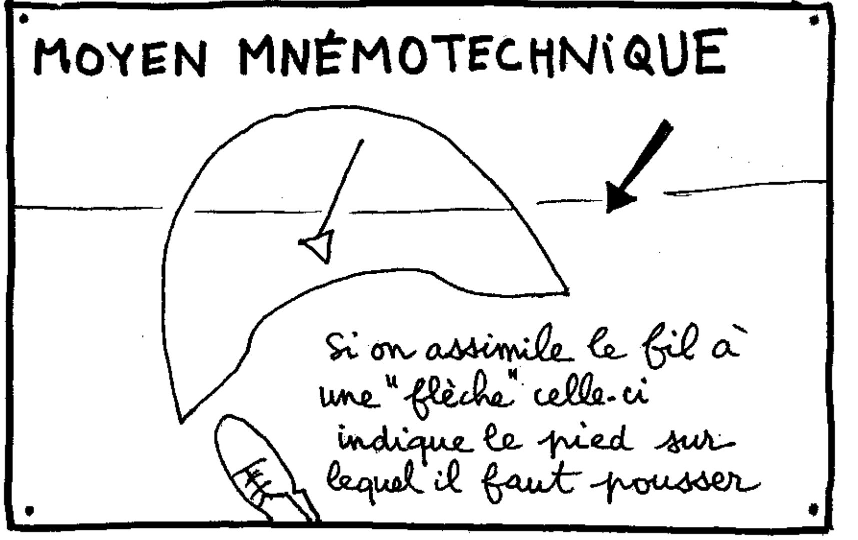
La force centrifuge équilibre la composante radiale de la force aerodynamique

LE FIL DE LAINE







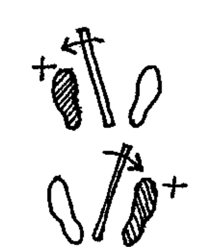


CONJUGUER LES COMMANDES

quand on engage un virage, qu'on se remet en ligne droite, qu'on resserre ou qu'on desserre un virage il faut agir simultanément sur le pied et sur le manche

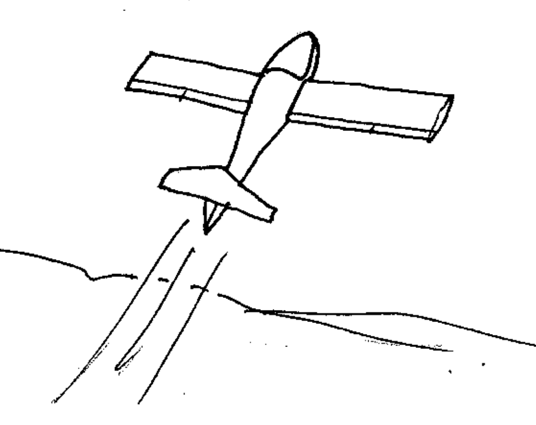
cela s'appelle conjuguer les commandes

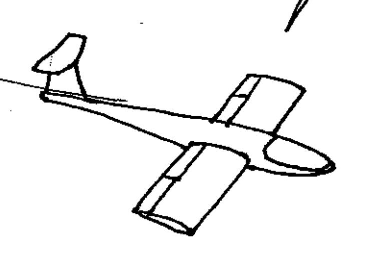
* manche à gauche, pied à gauche
* manche à droite, pied à droite



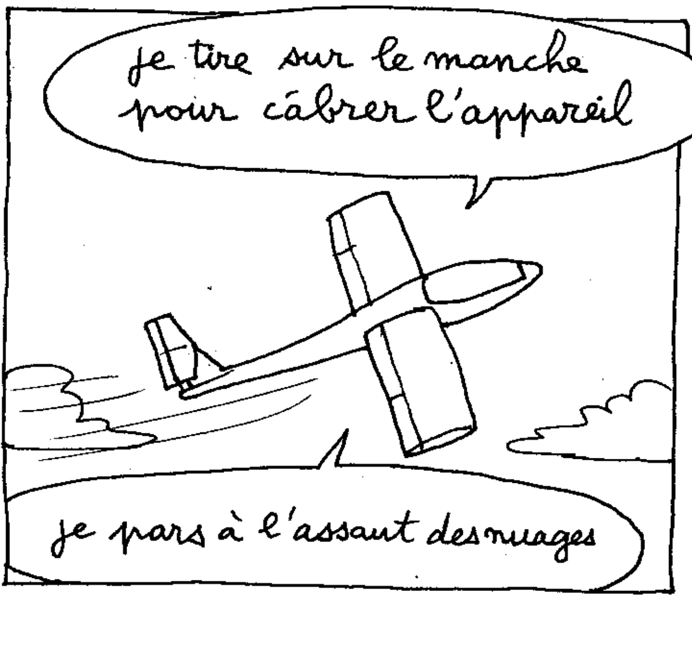
grâce à ces commandes le planeur m'obeit maintenant au doigt et à l'oeil

je pousse sur le manche
je prends de la vitesse





DÉCROCHAGE





mon chéri, tu viens de faire un superbe décrochage

j'ai fait **QUOI** ?

J'explique. Ceci est le dessin de l'écoulement de l'air autour de ton aile dans des conditions normales

F(ou **R**) résultante des forces aérodynamiques

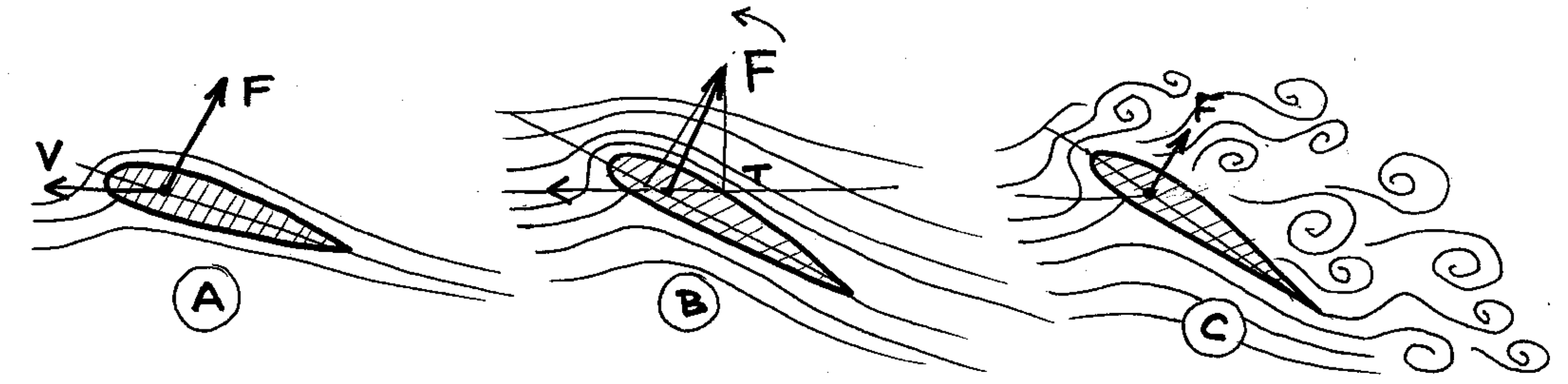
V

α

normales... comment ?

α

quand l'**INCIDENCE** sous laquelle l'aile est attaquée par le flux d'air incident à vitesse **V** reste modérée, disons 6 à 15°

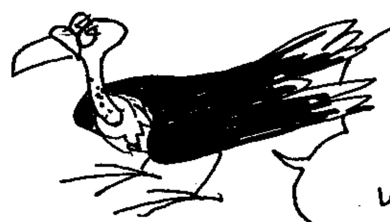


- En **A**, une configuration de vol normale
- En **B**, vol aux grands angles. La force aérodynamique se projette toujours sur la direction de la vitesse **V** en donnant une traînée **T**, mais le basculement vers l'avant de cette force **F** fait qu'elle se projette <u>vers l'avant</u> du plan de l'aile.
- En **C** l'air ne parvient plus à contourner la partie antérieure du profil de l'aile. Sous l'effet de la force centrifuge l'écoulement **DÉCROCHE**. La portance s'effondre. Le planeur "salue", pique du nez

après une **ABATTÉE** le planeur reprend naturellement de la vitesse. L'écoulement se **RECOLLE** sur le profil. La portance réapparait brutalement, du fait du gain de vitesse **V**. Quand le pilote sent que son planeur décroche, s'enfonce il peut accélerer ce retour à une configuration normale en piquant légèrement, en poussant sur le manche, en **RENDANT LA MAIN**

La Direction

ça t'es déjà arrivé de décrocher, toi?



ouaip! Au dessus des Andes J'ai été pris dans une bouffée d'air ascendant, qui a provoqué un **DÉCROCHAGE DYNAMIQUE**

AUTOROTATiON

je spiralais tranquille, cherchant un truc sympa à bouffer, une carcasse. Quand tout d'un coup, je te raconte pas !!

tu as décroché parce que le **VENT RELATiF** a changé, que ça a accru l'angle d'incidence ?

ouaip. Mais comme l'aile intérieure au virage est plus lente, c'est elle qui a décroché. Alors tout a basculé. Ça tournait, malheur de moi !

α

VENT RELATiF

α

l'aile intérieure est décrochée

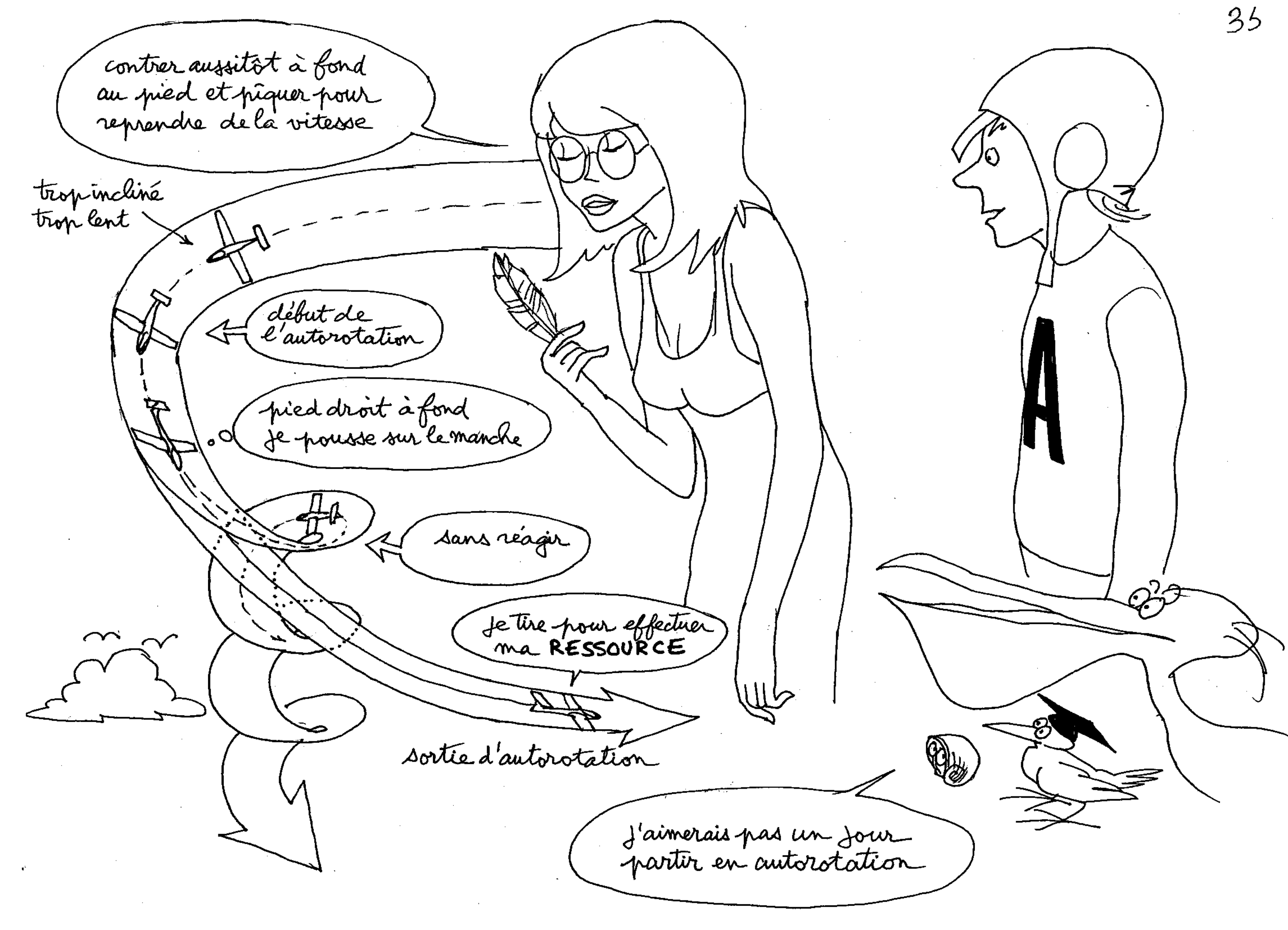
F

l'aile extérieure marche aux grands angles. La force F tire cette aile et entretient cette **AUTOROTATiON**

il faut que je fasse quelque chose, mais quoi ?

tirer sur le manche ? **Sortout pas !**

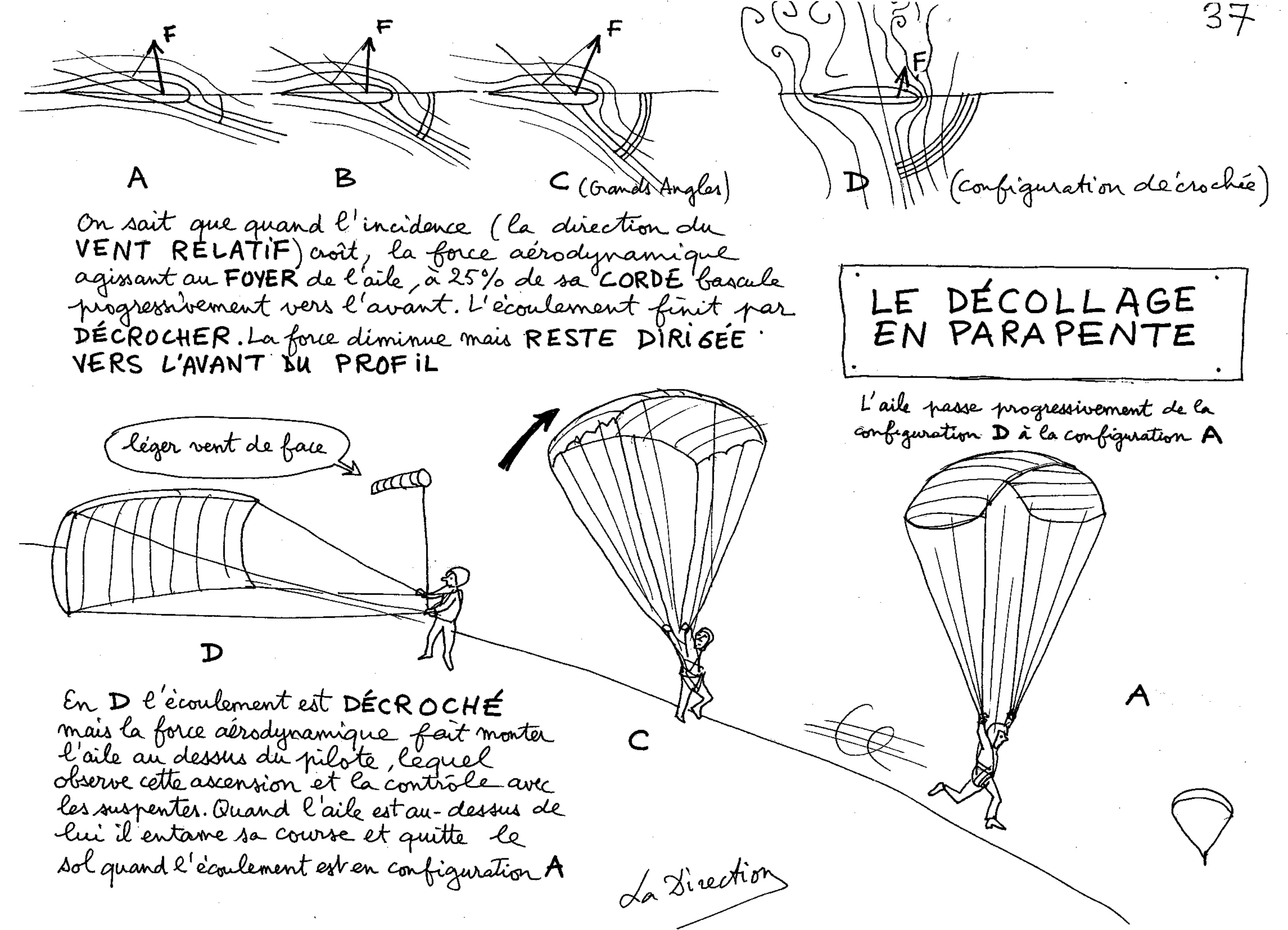
on perd cent mètres par tour !

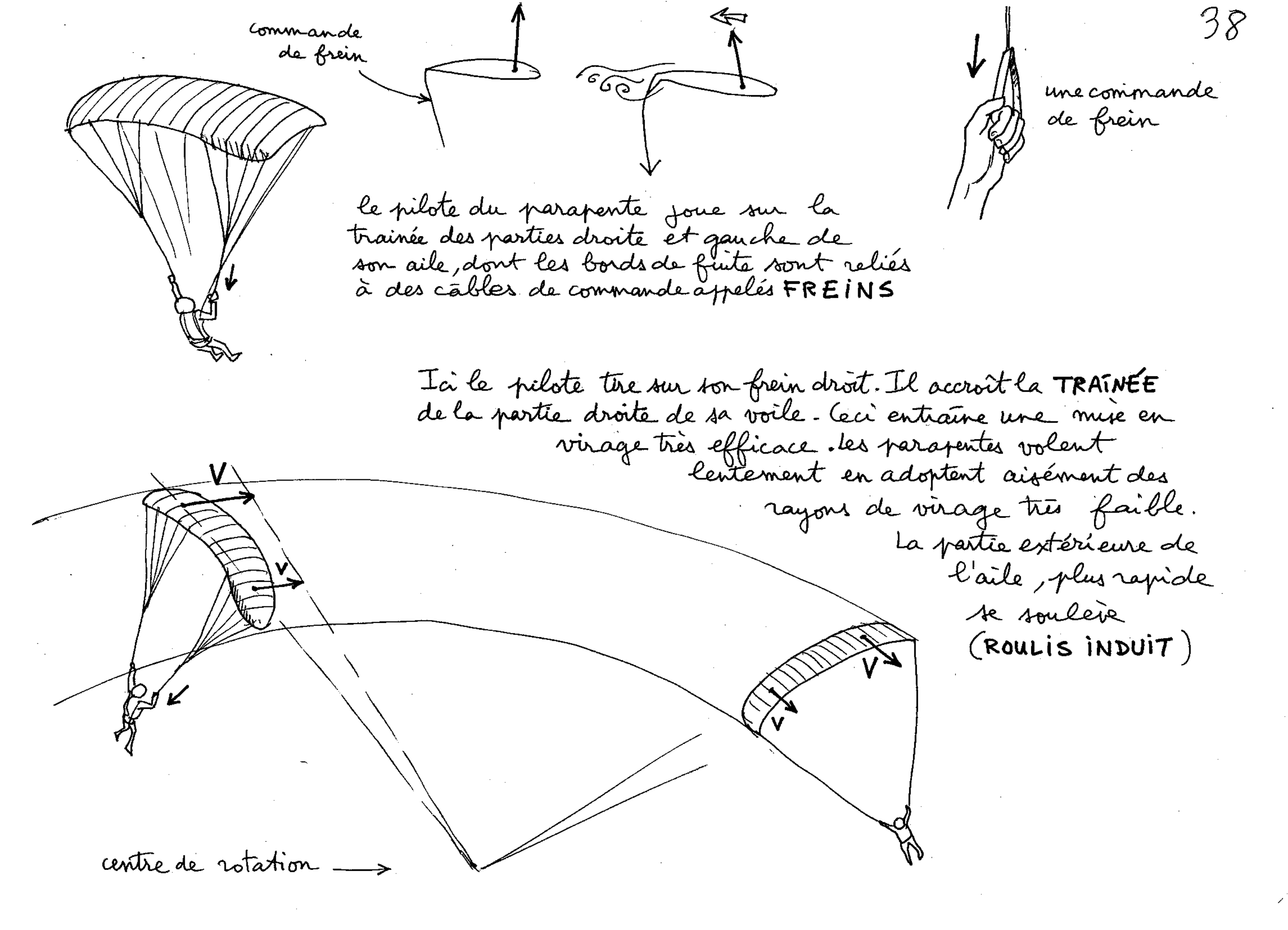

contrer aussitôt à fond au pied et piquer pour reprendre de la vitesse
trop incliné trop lent
début de l'autorotation
pied droit à fond je pousse sur le manche
sans réagir
je tire pour effectuer ma RESSOURCE
sortie d'autorotation
j'aimerais pas un jour partir en autorotation
A

PARAPENTE : QUAND LA VOILE PEUT DEVENIR UN LINCEUL

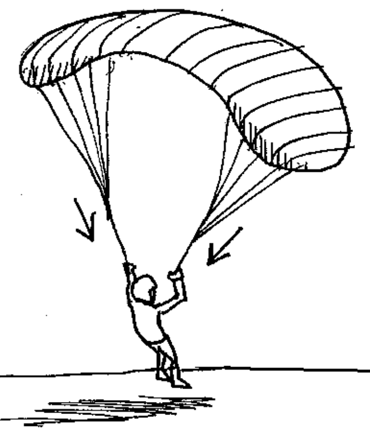


(*) Descend verticalement à 6 m/s. Vitesse de descente des parachutes à caissons : 2,5 m/s


F
F
F
F
A
B
C (Grands Angles)
D (configuration décrochée)
On sait que quand l'incidence (la direction du VENT RELATIF) croît, la force aérodynamique agissant au FOYER de l'aile, à 25% de sa CORDE bascule progressivement vers l'avant. L'écoulement finit par DÉCROCHER. La force diminue mais RESTE DIRIGÉE VERS L'AVANT DU PROFIL
LE DÉCOLLAGE EN PARAPENTE
L'aile passe progressivement de la configuration D à la configuration A
léger vent de face
D
C
A
En D l'écoulement est DÉCROCHÉ mais la force aérodynamique fait monter l'aile au dessus du pilote, lequel observe cette ascension et la contrôle avec les suspentes. Quand l'aile est au-dessus de lui il entame sa course et quitte le sol quand l'écoulement est en configuration A
La Direction


commande de frein
une commande de frein
le pilote du parapente joue sur la trainée des parties droite et gauche de son aile, dont les bords de fuite sont reliés à des câbles de commande appelés FREINS
Ici le pilote tire sur son frein droit. Il accroît la TRAÎNÉE de la partie droite de sa voile. Ceci entraîne une mise en virage très efficace. les parapentes volent lentement en adoptent aisément des rayons de virage très faible.
La partie extérieure de l'aile, plus rapide se soulève (ROULIS INDUIT)
V
v
V
V
centre de rotation

En tirant sur les deux freins à la fois il pourra ralentir son aile jusqu'à sa **VITESSE DE DÉCROCHAGE**. C'est une manoeuvre qu'il fera juste avant de retrouver le contact avec le sol à l'**ATTERRISSAGE**, pour annuler sa vitesse

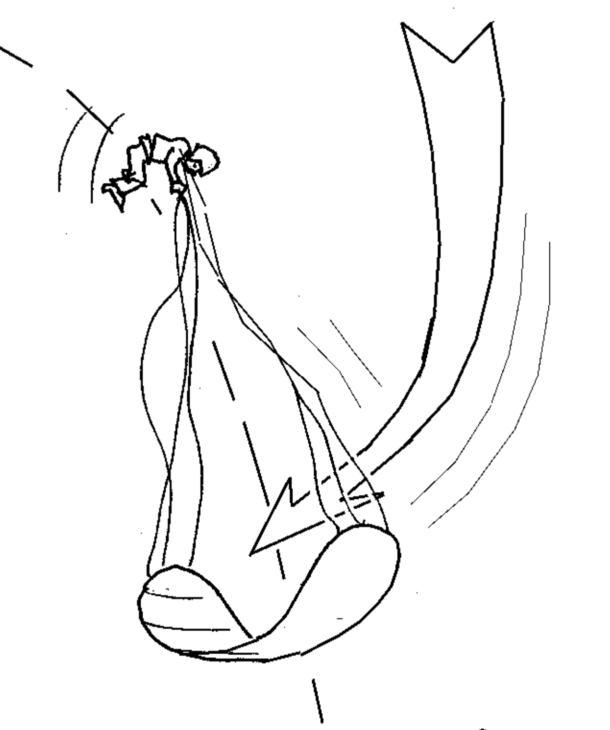


Mais en dehors de cela, cette manoeuvre est **TRÈS DANGEREUSE**. Elle peut en outre survenir sous l'effet d'une violente **RAFALE ASCENDANTE** provoquant un **DÉCROCHAGE DYNAMIQUE**

Décrochage dynamique lors d'un vol dans une **ATMOSPHÈRE TURBULENTE** en milieu de journée

pilote en
début de chute
libre

L'aile bascule très
sèchement vers l'avant



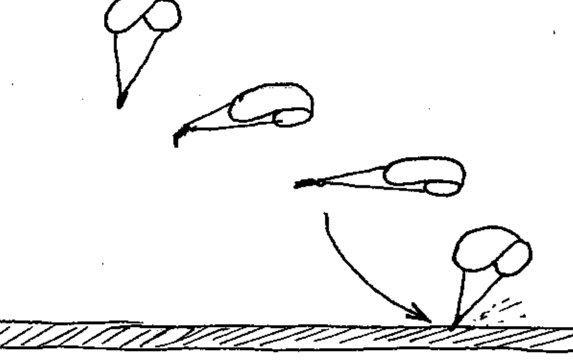
le basculement de la force aérodynamique vers l'avant du profil propulse l'aile, à inertie quasi-nulle, vers l'avant, très vite.

Si le pilote ne contrarie pas ce mouvement (*) en freinant immédiatement sa voile, celle-ci passe sous lui.

IL TOMBE DEDANS ET SE TUE

(*) Le débutant, <u>non averti</u> a au contraire tendance à.... tout lâcher !

Si l'incident se produit près du sol et si le parapentiste a la chance de ne pas se retrouver dans sa voile, une ressource très violente pourra lui faire remprendre très violemment contact avec le sol



chevilles, genoux explosés vertèbres brisées

Dans les sports aériens un compromis doit être négocié entre **PERFORMANCE** et **SÉCURITÉ**. Un profil plat ⇒ permet des vitesses plus élevées, ce qu'on recherchera pour aller d'une ascendance à une autre. Mais plus le profil est plat... plus le décrochage est brutal. Les concepteurs cherchent également à accroître la **FINESSE**(*) (dont il sera question plus loin) et pour ce faire accroissent l'**ALLONGEMENT** des parapentes, les rendant vulnérables au **REPLIS DE VOILURE** dans des **TURBULENCES**, qui se traduisent par une perte d'altitude de **50m** minimum avant **RÉOUVERTURE**

parachute à caissons

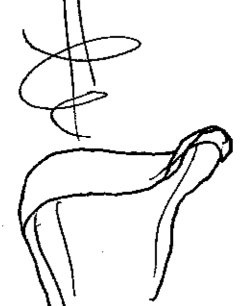
parapente à allongement croissant

ma finesse? euh...

♫

hélà!?

milieu de journée beau ciel bleu sans prévenir...



(*) A partir d'une hauteur h on peut franchir la distance $d = f\,h$, f étant la **FINESSE**

cette course à la performance affecte également le monde des "delta"

1975	1985	Actuellement
simple surface		double surface (avec lattes)
25 km/h	35-70 km/h	40-100 km/h
finesse 3	finesse 7	finesse 10
↓2,5 m/s	↓1,8 m/s	↓1 m/s

planeurs modernes
65 – 90 – 170 km/h
finesse 20 à 60
↓0,5 m/s allongement 20 à 35

un bon compromis doit être trouvé entre la performance et la sécurité. les premiers deltas pouvaient pas décrocher dissymétriquement. les "delta" modernes, à fort allongement et profils biconvexes se comportent comme des ailes classique et, lors d'un décrochage en virage peuvent donc partir en **AUTOROTATION**

virage en "Finale"

autorotation en dernier virage

6 m/s descente parachutale

clairière

les premiers "deltas" pouvaient parachuter, descendre verticalement

DOMAINE DE VOL



On a trois éléments
1- Les conditions aérologiques
2- La machine
3- Le pilote

Il y a des conditions aérologiques qui excluent l'envol de certaines machines volantes

je ne sais pas ce que tu en penses mais moi je préfere aller à pied

le parapente est un sport de détente sans problème par temps calme, le matin tôt, par exemple, sans vent ni turbulences
En air turbulent le risque est inévacuable.

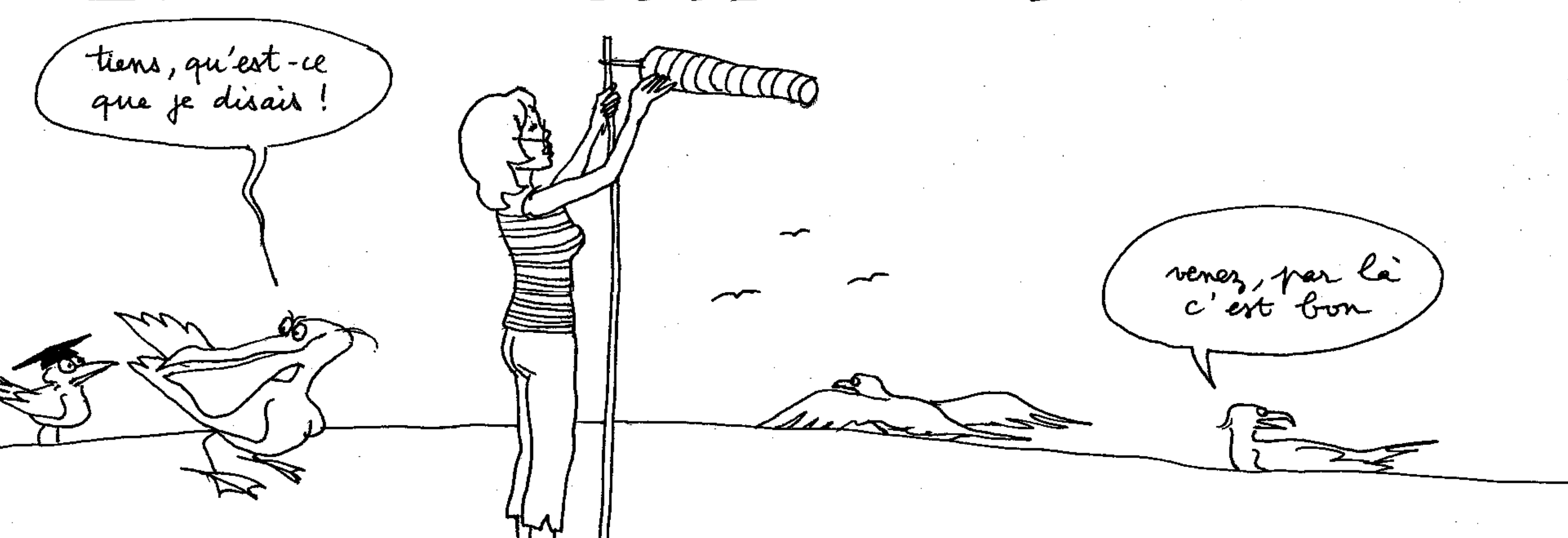
Des machines apparemment semblables peuvent avoir des domaines de vol très différents. Certaines "pardonnent", d'autres, non. La course à la performance, maladie du monde contemporain crée des prises de risque.



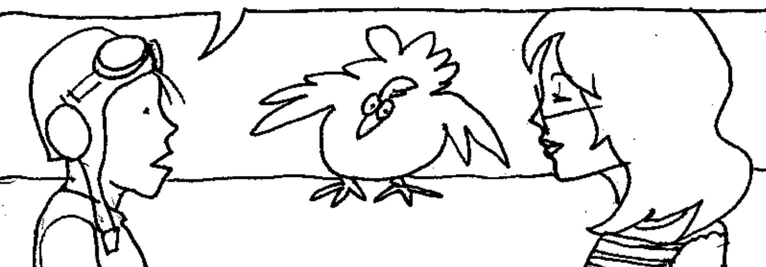
Dans le monde de l'aéronautique
le proverbe classique est :
UN BON PILOTE EST UN VIEUX PILOTE

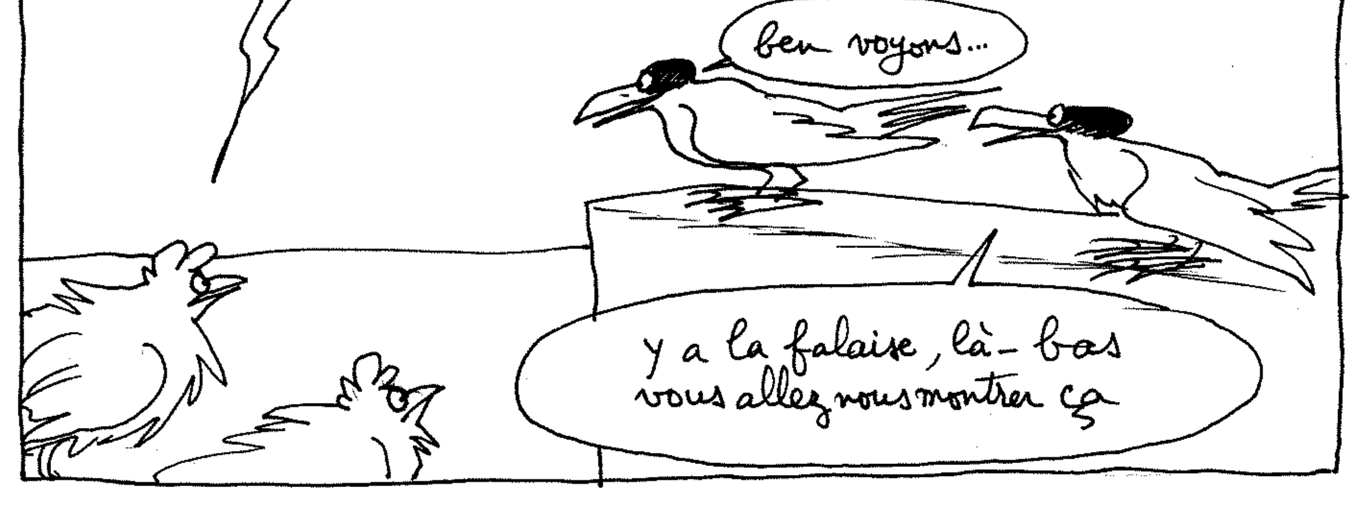

c'est pas mal quand même. Avec cette route on peut amener le planeur à 500m au dessus de la plaine
manche à balai fil de laine, tout ça c'est des trucs de bonne femme
bon, nous voilà au sommet. Mais de quel côté faut-il décoller ?
face au vent. Pour la mise en vitesse ça sera toujours ça de gagné
la direction du vent ? Il y a le classique truc du doigt mouillé
attends, j'ai une idée. Avec cette chaleur je serai mieux avec des manches courtes. Va me chercher un bout de bois
Léon, est-ce que vous n'exagérez pas un peu ?

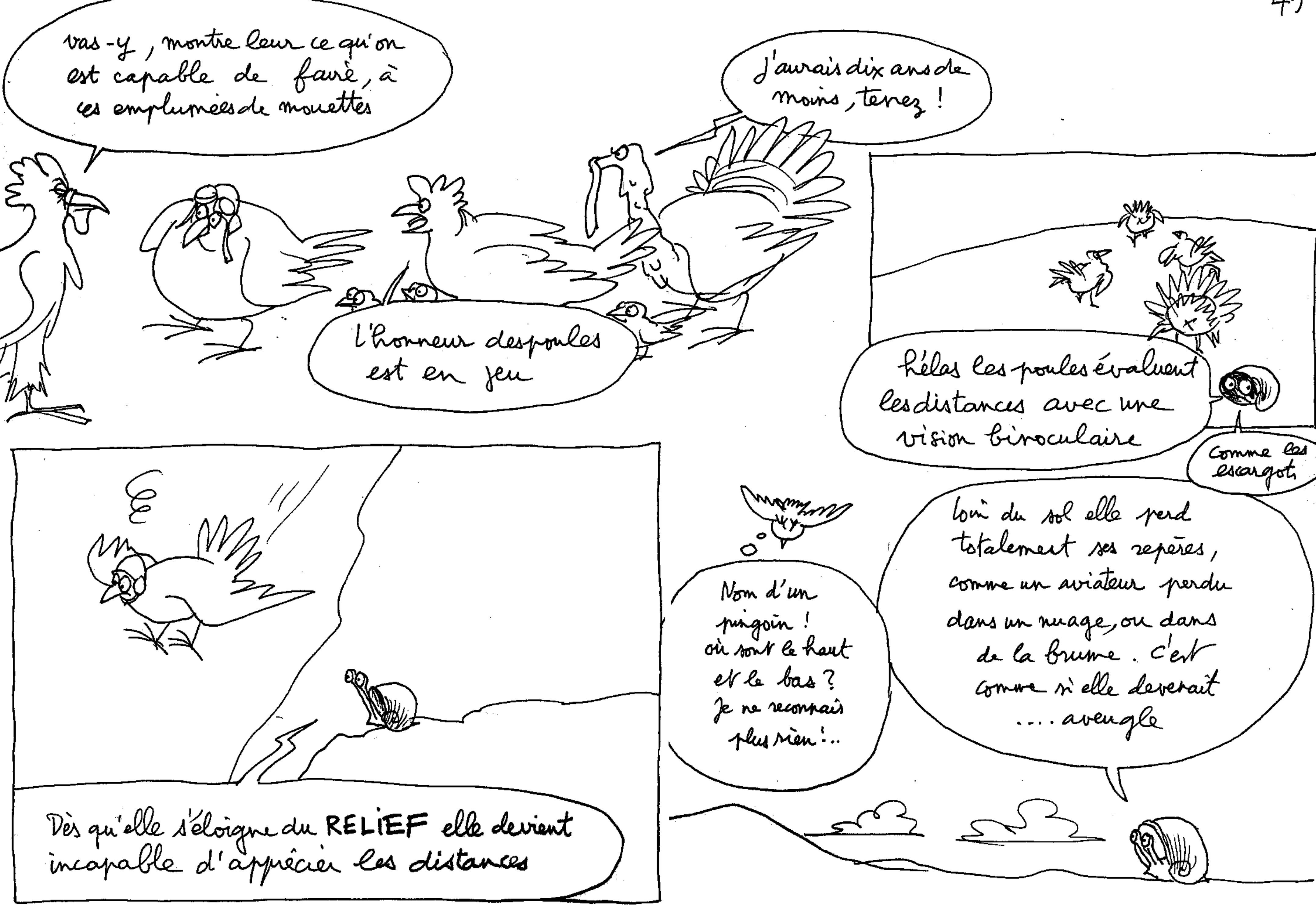
LA MANCHE À AiR



Tous les oiseaux ne sont pas construits sur le même modèle. Il y en a qui semblent voler presque sans un battement d'ailes. Par contre d'autres, comme la poule ....






vas-y, montre leur ce qu'on est capable de faire, à ces emplumées de mouettes
J'aurais dix ans de moins, tenez !
l'honneur des poules est en jeu
hélas les poules évaluent les distances avec une vision binoculaire
comme les escargots
Dès qu'elle s'éloigne du RELIEF elle devient incapable d'apprécier les distances
Nom d'un pingoin ! où sont le haut et le bas ? Je ne reconnais plus rien !..
loin du sol elle perd totalement ses repères, comme un aviateur perdu dans un nuage, ou dans de la brume. c'est comme si elle devenait .... aveugle

VIRAGE ENGAGÉ

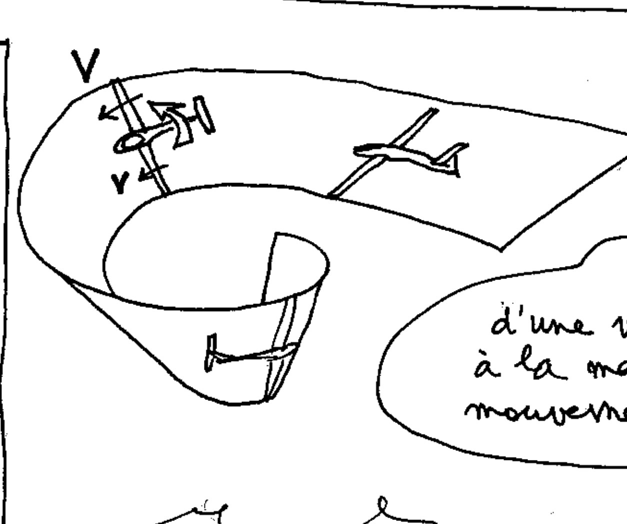
Je ne comprends pas... Mon fil de laine est au milieu, ma bille centrée, mes commandes au neutre (...) et ma vitesse ne cesse d'augmenter

Pris dans un nuage, Anselme ne se rend pas compte qu'il ne vole plus droit. En fait, sans un **HORIZON ARTIFICIEL**, stabilisé par gyroscope il n'a aucune possibilité d'évaluer son incidence et son assiette. Il peut se retrouver ainsi dans une figure dangereuse : le virage engagé

Lâchée d'une altitude de 200 mètres une poule s'avère incapable de traiter ses informations visuelles pour se construire une représentation mentale tridimensionnelle du monde où elle évolue. Elle part alors dans un virage engagé dont elle ne parvient plus à sortir (*)



(*) Authentique



l'aile extérieure, animée d'une vitesse plus grande par rapport à la masse d'air entraîne un mouvement de **ROULIS INDUIT**

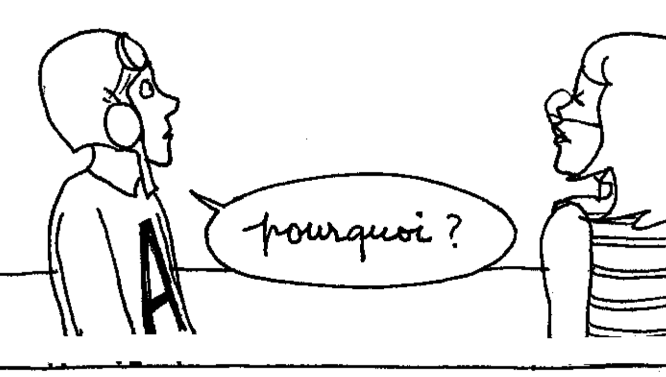
quoi ! je suis sur le dos !?!

incroyable !

tu n'as qu'à voler deux minutes les yeux fermés, tu verras

(*) authentique.

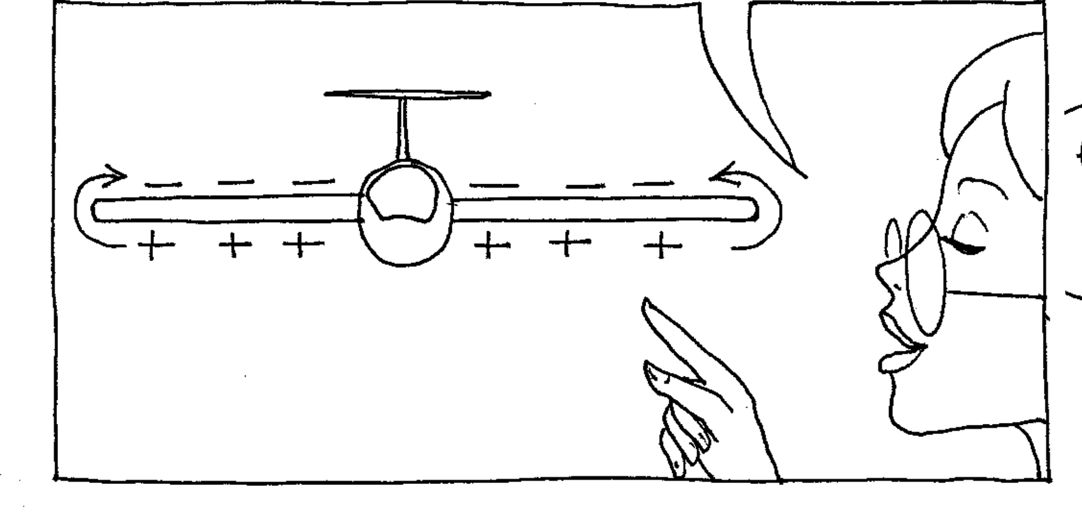
les oiseaux qui semblent voler sans beaucoup se fatiguer ont toujours des ailes très allongées. les rapaces, les albatros

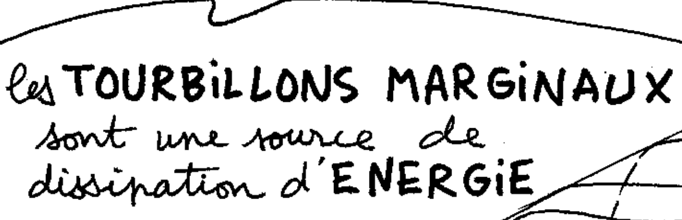


tu es passé du delta au planeur avec cockpit, surfaces le plus lisse possible pour réduire au maximum les pertes d'énergie liées à la turbulence que ta machine crée sur son passage. Mais il en est une que tu as oubliée

laquelle ?

le fonctionnement de ton aile implique que tu crées une surpression sur le dessous, sur **L'INTRADOS** et une dépression sur le dessus, sur **L'EXTRADOS**. Alors il se passe ceci =





puisque les bords sont une source de perte d'énergie il suffit de les enlever, de faire une aile sans bord

Tirésias, ne dites pas de bêtises. Une aile sans bords ça n'existe pas !!!

Si, ça existe. Et Merlin l'enchanteur la décrit dans l'album **CENDRILLON 2000** dans les pages 33 et 34 (*) Ces ailes planent d'ailleurs très bien (**)

L'autre solution consiste à allonger les ailes au maximum pour minimiser ces pertes en bout d'ailes à presque rien

pourquoi les bouts d'ailes sont-ils retournés vers le haut ?!?

(*) s'y référer

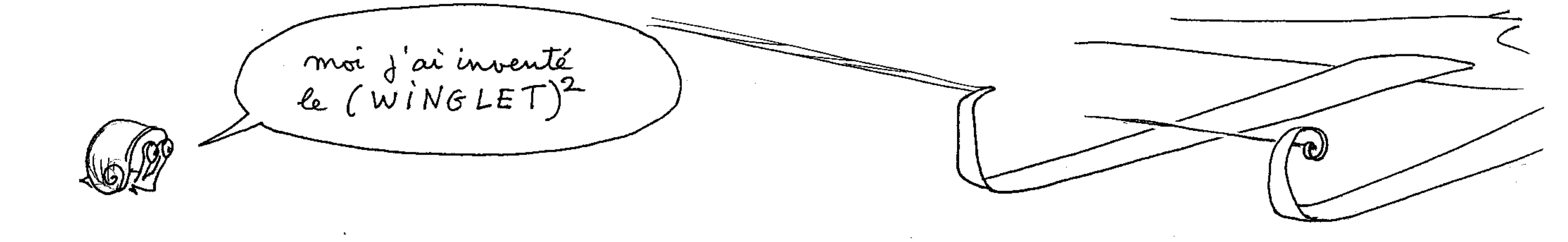
(**) correctement centrées

LES WINGLETS

schématiquement

la vitesse induite par le WINGLET s'oppose au contournement de l'aile

Les **WINGLETS**, schématiquement, sont des mini-ailes disposées perpendiculairement à l'aile principale, telles que leur profil crée une (faible) **VITESSE INDUITE** qui s'oppose au contournement du bout d'aile, dû à la différence de pression régnant entre l'intrados et l'extrados : le Winglet crée son propre tourbillon marginal mais le gain est si net que cette idée, qui aurait pu emerger il y a un siècle envahit aujourd'hui progressivement tout le monde de l'aéronautique



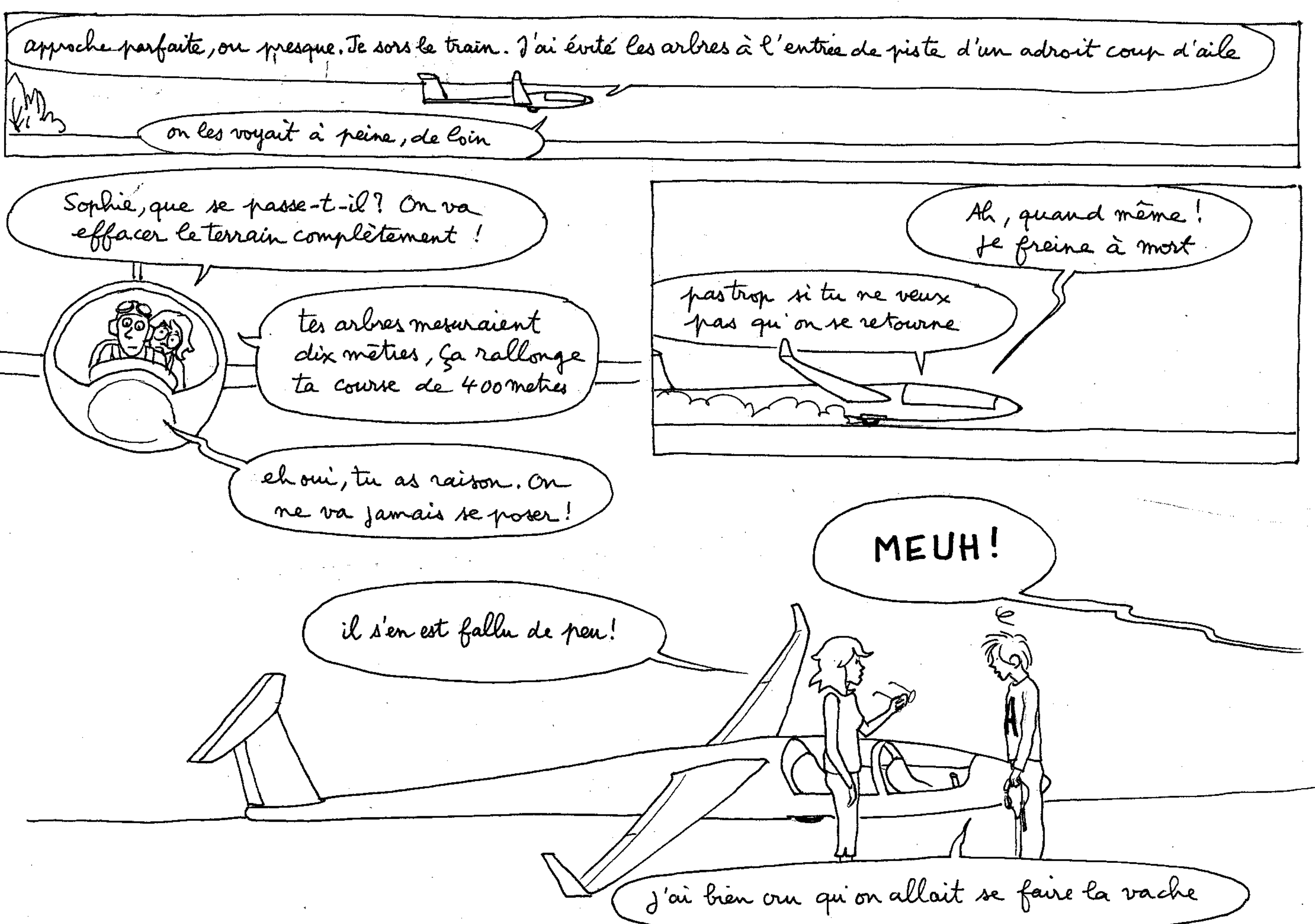
D'après les essais que j'ai faits sur des maquettes, ce nouveau planeur, avec un denivelé $h = 500$ mètres devrait nous permettre d'atteindre ce vaste champ qu'on aperçoit au loin, à l'horizon, à une distance $d = 20$ kilomètres (*)

En avant ! Fil de laine bien au milieu, vitesse optimale pour avoir la **FINESSE MAX**

quelle glisse fantastique à 95 km/h

J'ai tout optimisé : l'épaisseur du profil, plat pour avoir une meilleure pénétration. J'ai même mis un train rentrant à une roue. Cette fois j'ai pensé à **TOUT**. Je n'ai rien laissé au hasard

(*) ce qui correspond à une **FINESSE** $\frac{d}{h} = 40$. Mais certains planeurs dépassent 60 (pente de descente : 1 degré)


approche parfaite, ou presque. Je sors le train. J'ai évité les arbres à l'entrée de piste d'un adroit coup d'aile
on les voyait à peine, de loin
Sophie, que se passe-t-il? On va effacer le terrain complètement !
tes arbres mesuraient dix mètres, ça rallonge ta course de 400 mètres
eh oui, tu as raison. On ne va jamais se poser !
Ah, quand même ! Je freine à mort
pas trop si tu ne veux pas qu'on se retourne
MEUH !
il s'en est fallu de peu !
j'ai bien cru qu'on allait se faire la vache

AÉROFREINS



(*) Expérience vécue par l'auteur au Simba Camp du cratère Ngoro Ngoro en Tanzanie quand il était guide de Safari en Afrique


je pourrais faire ceci (*)
il y a mieux et plus simple
destructeur de portance + aérofrein
Tu peux adapter un système qui sort de l'aile, détruit la portance (SPOILER) sur une partie importante de la voilure et crée une trainée très importante qui freine l'appareil. Ainsi, à 100 km/h tu peux descendre à 4 m/s, ce qui réduit ta finesse à la valeur $\frac{28 m/s}{4 m/s} = 7$ (**)
(**) au lieu de 0,5 à 1 m/s en vol normal (par rapport à la masse d'air)
Il s'agit de vitesses par rapport à la masse d'air. Avec vent de face la pente de descente est plus accusée
je peux controler ma descente en les sortant plus ou moins et, en bout de course ça agit sur le frein
(**) chiffres proches des performances de l'actuel "planeur école moyen", dénué de volets, dont la finesse est $f \gtrsim 30$
(*) ça a été essayé pour les avions, dans les années trente, sans grand succès